VALVO-HANDBUCH

Einzelteile II

1964



Technische Daten für weitere Einzelteile und Bausteine aus dem VALVO-Programm enthalten die VALVO-Handbücher:

Einzelteile I

Keramik-Kleinkondensatoren
Wickelkondensatoren
Elektrolytkondensatoren
Keramik-Leistungskondensatoren
Drehkondensatoren
Trimmer
RC-Kombinationen, Durchführungsfilter
Schichtwiderstände
Drahtwiderstände
Potentiometer
Temperaturabhängige Widerstände (NTC, PTC)
Spannungsabhängige Widerstände (VDR)

Einzelteile III

VHF-Kanalwähler
Ablenkteile
Phonogeräte
Mechanische Bauelemente
UHF-Kanalwähler
Lautsprecher
Quarze

Bausteine

Digital-Bausteine
Niederspannungs-Netzteile
Magnetkernspeicher
Norbit-Bausteine
Vorwahl-Zähleinheiten
Motoren



REGISTER



VALVO-HANDBUCH

Einzelteile II

1964



Das VALVO-Handbuch ist vor allem für den Konstrukteur und Geräteentwickler bestimmt.
Das Handbuch gibt keine Auskunft über die Liefermöglichkeiten.
Zuschriften, die den Inhalt und den Versand dieses VALVO-Handbuches betreffen, sind zu richten an die

VALVO GMBH, Hamburg 1
Burchardstraße 19, VALVO-Haus

März 1964

Druck: Photocopie GmbH, Hamburg 1






VALVO



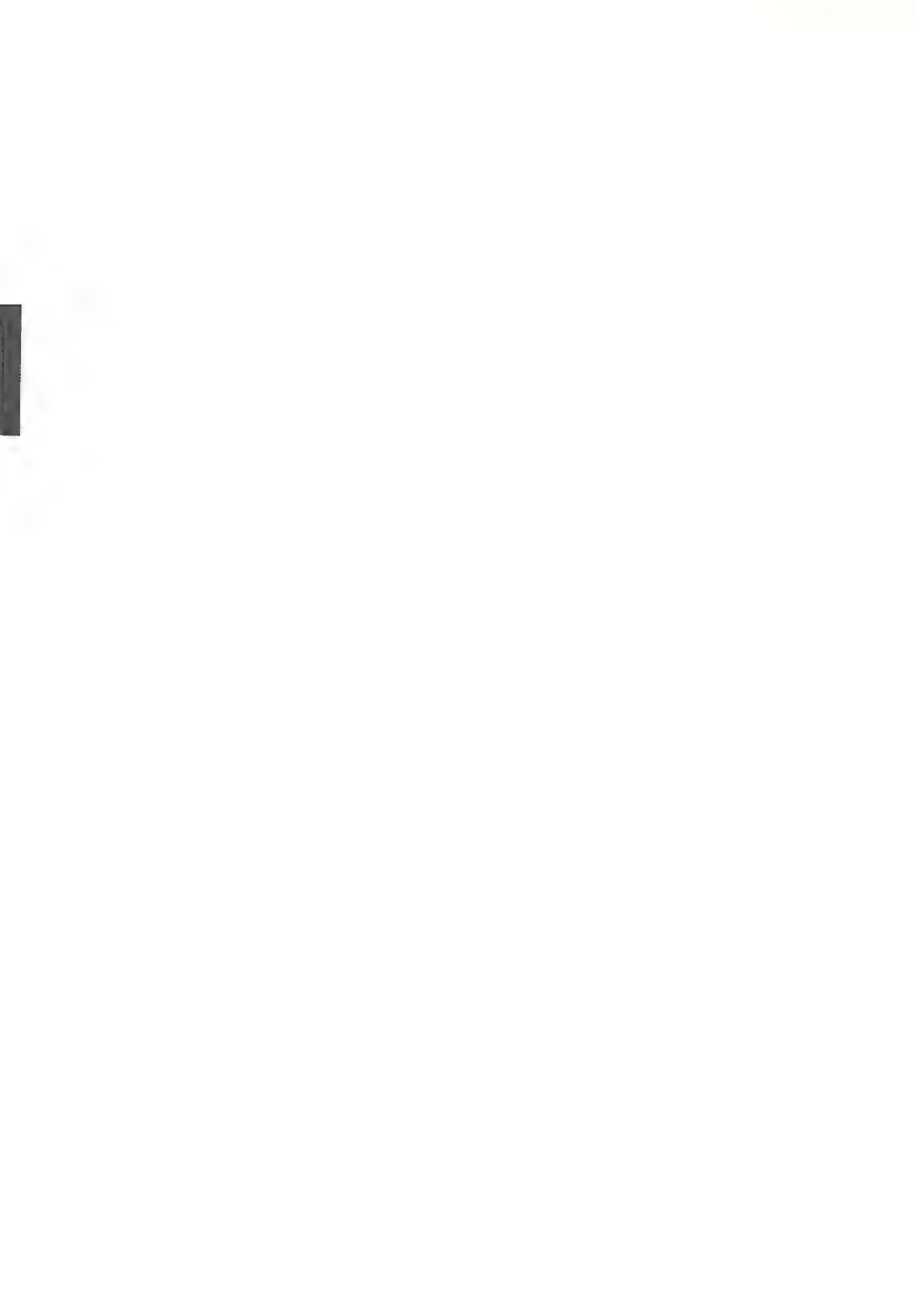

VALVO







Weichmagnetische Ferritkerne aus Ferroxcube 3 und 4



Unter der Bezeichnung FERROXCUBE werden von uns weichmagnetische keramische Werkstoffe (Ferrite) hergestellt, die als ferromagnetische Kerne mannigfacher Bauformen in vielen Zweigen der Hochfrequenz- und Nachrichtentechnik weite Verbreitung gefunden haben. FERROXCUBE zeichnet sich durch seinen hohen spezifischen Widerstand aus und weist auch bei höheren Frequenzen nur geringe Verluste auf. Wegen dieser günstigen Eigenschaften haben sich die Ferritkerne bei Frequenzen von ca. 1 kHz bis zu einigen MHz und höher weitgehend durchgesetzt.

FERROXCUBE ist chemisch inaktiv, völlig unempfindlich gegen Wasser (sogar Seewasser) und alle atmosphärischen Einflüsse. Es ist nicht beständig gegen verschiedene Säuren hoher Konzentration (z.B. Salzsäure).

Bei der Herstellung der FERROXCUBE-Teile werden entweder pulverförmige Ausgangsprodukte durch Trockenpressen in Matrizen oder plastische Rohmassen durch Strangpressen geformt und anschließend in einer geeigneten Atmosphäre bei hohen Temperaturen gesintert.

FERROXCUBE läßt sich durch Naßschleifen mit geringem Vorschub mittels Diamant- oder Carborundscheiben bearbeiten. Geschliffene Flächen sind untereinander gut mit einem Klebemittel (z.B. „Araldit") verkittbar. Für Verklebungen mit Metallarmaturen sind wegen der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten besondere Vorkehrungen zu treffen.

Der durch Kittfugen verursachte Luftspalt kann bei sorgfältiger Arbeit kleiner als 0.01 mm bleiben.

Die Abmessungstoleranzen für die ungeschliffenen FERROXCUBE-Teile betragen ±2 bis 3 % (siehe DIN 40 680, Toleranzreihe „mittel").

Die durch Schleifen erreichbaren Toleranzen betragen je nach Größe und Form des Teiles ±0,1 bis 0,02 mm. Bei engeren Toleranzen steigen die Herstellungskosten erheblich an.

Außer den in diesem Handbuch aufgeführten Bauformen sind auch andere FERROXCUBE-Teile lieferbar. Wir erbitten dazu Ihre Anfrage.



Änderungen der in diesem Handbuch beschriebenen und abgebildeten Erzeugnisse behalten wir uns vor. Verbindlich sind die auf den Zeichnungen angegebenen Toleranzen und die angegebenen bzw. besonderen Grenzwerte der magnetischen Eigenschaften.

Das vorliegende Handbuch enthält unser FERROXCUBE-Programm sowie Angaben über die magnetischen und elektrischen Eigenschaften. Durch Wahl geeigneter FERROXCUBE-Sorten und -Bauformen ist es möglich, bei geringem Volumen und Gewicht für jeden gewünschten Frequenzbereich die günstigste Permeabilität bei optimaler Güte zu gewinnen.

FERROXCUBE wird in vier verschiedenen Klassen geliefert, die jeweils mehrere Sorten enthalten.

Ferroxcube 3	Mangan-Zink-Ferrite
Ferroxcube 4	Nickel-Zink-Ferrite
Ferroxcube 6	Ferrite mit rechteckförmiger Hystereseschleife
Ferroxcube 7	Magnetostriktive Ferrite

Außer dem kubisch kristallinen FERROXCUBE sind auch einfache Stab- und Rohrkerne aus einem hexagonalen, weichmagnetischen Material mit der Bezeichnung FERROXPLANA lieferbar. Diese FERROXPLANA-Kerne sind zur Verwendung bei den Frequenzen von 100 bis etwa 1000 MHz vorgesehen.

Allgemeine technische Daten

Spezifisches Gewicht	Ferroxcube 3 4,7...4,9 g/cm^3
	Ferroxcube 4 3,5...4,8 g/cm^3
	Ferroxcube 7 5,1...5,35 g/cm^3
Elastizitätsmodul	etwa 15000 kg/mm^2
Linearer Ausdehungskoeffizient	6...10 $\cdot 10^{-6}$/grd
Zugfestigkeit	etwa 1,8 kg/mm^2
Druckfestigkeit	etwa 7,5 kg/mm^2
Spezifische Wärme	etwa 0,17 cal/g·grd
Wärmeleitfähigkeit	9...14 $\cdot 10^{-3}$ cal/cm·s·grd

Symbole

Nachfolgende Aufstellung gibt eine Übersicht über die in diesem Handbuch verwendeten Symbole.

Die Dimensionen aller Größen werden in den Einheiten des praktisch-technischen Maßsystems, also als Potenzprodukt der Einheiten V, A, s, cm angegeben. (Je nach Bedarf wurden auch mA, m usw. verwendet).

Das Induktionsgesetz für das Vakuum erhält dann die Form

$$\mathfrak{B} = \mu_0 \cdot \mathfrak{H} \quad \text{mit} \quad \mu_0 = \frac{4\pi}{10^9} \cdot \frac{\text{Vs}}{\text{A cm}}$$

Für den Übergang auf das Gaußsche Maßsystem gilt

$$1\ \text{Gauß} = 10^{-8}\ \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2}; \quad 1\ \text{Oersted} = \frac{10}{4\pi}\ \frac{\text{A}}{\text{cm}} = 0{,}8\ \frac{\text{A}}{\text{cm}}$$



Formelzeichen	Bezeichnung	Dimension
H	magnetische Feldstärke	A/cm
$\hat{H}$	Scheitelwert der magnetischen Feldstärke (= 1/2 ΔH)	A/cm
ΔH	Amplitudengröße der magnetischen Wechselfeldstärke	A/cm
H_{-}	Gleichfeldstärke	A/cm
M	Magnetisierung	A/cm
M_s	Sättigungsmagnetisierung	A/cm
B	Induktion	Vs/cm^2
$\hat{B}$	Scheitelwert der Induktion (= 1/2 ΔB)	Vs/cm^2
ΔB	Amplitudengröße der Wechselfeld-Induktion	Vs/cm^2
L	Induktivität	$\Omega s = 10^3$ mH
L_0	Selbstinduktion bei Spulen ohne Kern	$\Omega s = 10^3$ mH
μ_0	Induktionskonstante	Vs/A cm
$\mu_{\sim}$	Wechselfeldpermeabilität	1
μ_{Δ}	Überlagerungspermeabilität	1
μ_{rev}	reversible Permeabilität	1
μ_i	Anfangspermeabilität	1
μ_e	effektive Permeabilität (Äquivalentpermeabilität)	1
μ_w	wirksame Permeabilität	1
$\overline{\mu}$	komplexe Permeabilität	1
μ_s', μ_s''	Komponenten der kompl. Permeabilität bei Serienschaltung	Vs/A cm
μ_p', μ_p''	Komponenten der kompl. Permeabilität bei Parallelschaltung	Vs/A cm
$TK\mu_i$	Temperaturbeiwert der Anfangspermeabilität	1/grd
$TK\mu_e$	Temperaturbeiwert der effektiven Permeabilität	1/grd
TK_L	Temperaturbeiwert der Induktivität	1/grd
TK_{rel}	relativer Temperaturbeiwert	1/grd
Q	Güte ($Q = \omega L/R_v$)	1



Formelzeichen	Bezeichnung	Dimension
$\tan\delta$	Gesamtverlustfaktor einer Spule mit Kern ($\tan\delta = R_v/\omega L$)	1
$\tan\delta_k$	Verlustfaktor des Kernmaterials	1
$\tan\delta_{kr}$	Restverlustfaktor (bei Kernen mit Luftspalt)	1
$\tan\delta_{kh}$	Hystereseverlustfaktor	1
$\tan\delta_{kw}$	Wirbelstromverlustfaktor im Kern	1
$\tan\delta_{Cu}$	Kupferverlustfaktor der Spule	1
$\tan\delta_w$	Wirbelstromverlustfaktor der Spule	1
$\tan\delta_{cap}$	Dielektr. Verlustfaktor der Spule	1
$\tan\delta_J$	Parallel-Verlustfaktor, der beim Einbau in die Halterung entsteht	1
q_2	Hysteresefaktor	$H^{-1/2}sec^{-1}$
h	Hysteresebeiwert	$cm/10^3$ A
r	Restbeiwert	‰
f_{Cu}	Kupferfüllfaktor	1
λ	Magnetostriktion	
λ_s	Magnetostriktion bei Sättigung M_s	1 1
I	Stromstärke (Effektivwert)	A
R	reeller Widerstand	Ω
R_v	Gesamtverlustwiderstand bei Serienschaltung	Ω
$\frac{R_{Cu}}{L}$	Gleichstrom-Verlustmaß	$\frac{\Omega}{H}$
R_k	Verlustwiderstand des Kernmaterials bei Serienschaltung	Ω
R_{kr}	Restverlustwiderstand	Ω
R_{kh}	Hystereseverlustwiderstand	Ω
R_{kw}	Wirbelstromverlustwiderstand	Ω
R_p	Gesamtverlustwiderstand bei Parallelschaltung	Ω
R_{pk}	Verlustwiderstand des Kernmaterials bei Parallelschaltung	Ω
ρ_-	spez. Gleichstromwiderstand	Ω cm



Formelzeichen	Bezeichnung	Dimension
$\mathfrak{Z}$	kompl. Scheinwiderstand (Impedanz)	Ω
$\mathfrak{Y}$	kompl. Scheinleitwert (Admittanz)	1/Ω
N_k	Kernverlustleistung	W
f	Frequenz	Hz
ω	Kreisfrequenz (2 πf)	Hz
E_1, E_3	induzierte Spannung der Grund- und 3. Oberschwingung	V
ϑ	Temperatur	°C
ε	rel. Dielektrizitätskonstante	1
V	Kernvolumen	cm^3
V_e	eff. Kernvolumen (Hysteresevolumen)	cm^3
s	Luftspalt	mm
N	Windungszahl	1
α	Windungsfaktor $\alpha = N/\sqrt{L}$ bei L = 1 mH	$mH^{-1/2}$
A_L	Induktivitätsfaktor ($A_L = L/N^2$)	Ωs
u	Zahl der Umdrehungen (z.B. bei Abgleichstiften)	1
A_e	mittlerer magnetischer Kernquerschnitt	cm^2
l_e	mittlere magnetische Weglänge im Kern	cm
$\sum \frac{l}{A}$	Magnetische Formkonstante, die nur von den Kernmaßen abhängt	cm^{-1}
DA_{rel}	relative Desakkommodation	1

Eine Übersicht über die verschiedenen FERROXCUBE-Sorten gibt die nachstehende Tabelle. Die früheren Sorten 3A, 3B1, 3B4, 3C3, 3C5 und 3D2 werden nicht mehr hergestellt. Sie sind durch später entwickelte, bessere FERROXCUBE-Sorten überholt.

Die Sorten 4A1, 4D1 und 4F1 werden nicht mehr serienmäßig hergestellt. Liefermöglichkeit besteht bei diesen Typen nur bei größeren Stückzahlen auf Anfrage.

Die Sorten 3C6, 3E2 und 4C4 sind neu in das Programm aufgenommen worden.

Alle technischen Daten in der nachstehenden Tabelle gelten für vollständig entmagnetisierte Ringkerne von

ca. 36 mm Außendurchmesser
ca. 28 mm Innendurchmesser
ca. 10 mm Höhe.

Technische Daten dieser Ringkerne lassen sich nicht generell in normaler Produktion an beliebig geformten Produkten realisieren. Insbesondere nimmt die Permeabilität bei kleineren Artikeln ab, während die Verluste ansteigen. Die magnetischen und elektrischen Eigenschaften von FERROXCUBE sind auf den folgenden Seiten näher beschrieben.

Aus den einzelnen FERROXCUBE-Sorten werden serienmäßig nur die in der Tabelle angegebenen Bauformen hergestellt. Spezielle Bauformen aus beliebigen FERROXCUBE-Sorten sind auf Anfrage lieferbar.

Werkstofftabelle für FERROXCUBE 3 und 4

Ferroxcube-Sorte		3B	3B2	3B3	3B5	3B7	3H1
Anfangspermeabilität μ_i bei 20 °C		900 ±20 %	900 ±20 %	900 ±20 %	1400 ±25 %	2300 ±20 %	
$\tan \delta_k / \mu_i$ bei B ca. 10^{-8} $\frac{Vs}{cm^2}$ Frequenz f	10^{-6} kHz		<7/<18 4/100	<27/<50 250/450	<2,5/<10 4/100	<1/<5 4/100	
Curietemperatur	°C	>150	>150	>150	>150	>150	
Induktion $\hat{B}$ bei Feldstärke $\hat{H}$ für 23 °C ca. für 70 °C ca.	A/cm 10^{-8} $\frac{Vs}{cm^2}$	8 3400 2300	8 3650 2800	8 3650 2800	8 3950 3150	8 4350 3500	
Hysterese-faktor q_2 (24-100) entspricht $\frac{h}{\mu_i^2}$ Meßfrequenz Meßfeldstärke	$H^{-1/2} sec^{-1}$ 10^{-6} $\frac{cm}{A}$ kHz mA/cm		<12 <8,2 4 4 u. 8	<12 <8,2 4 4 u. 8	<2,5 <1,7 4 7 u. 14	<1,8 <1,25 4	
relativer Temperaturbeiwert TK_{rel} für 23-55 °C für 23-70 °C für 5-55 °C	10^{-6}/grd	<3	<2	<2	0,5bis2,3	-0,6bis+0,6	+0,6bis+1,8
Mittelwert TK_{rel}	10^{-6}/grd		0,8	0,8	1,3	0	1,2
spez. Gleichstromwiderstand ρ bei 20 °C und $\frac{2\ mA}{cm^2}$	Ω·cm	>20	>80	>120	>20	>100	
Desakkommodation DA_{rel} +)	10^{-6}		<8	<8	<6	<4	
Arbeitsfrequenz a. Kreise hoher Güte	MHz	bis 0,6	bis 0,2	0,15-0,6	bis 0,2	bis 0,2	
b. Transformatoren	MHz	bis 10	bis 10	bis 10	bis 8	bis 5	
Bauform		Stift-, Rohrk.	Schalen- und Topfkerne			Ringkerne, Schalenkerne, Kreuzkerne	

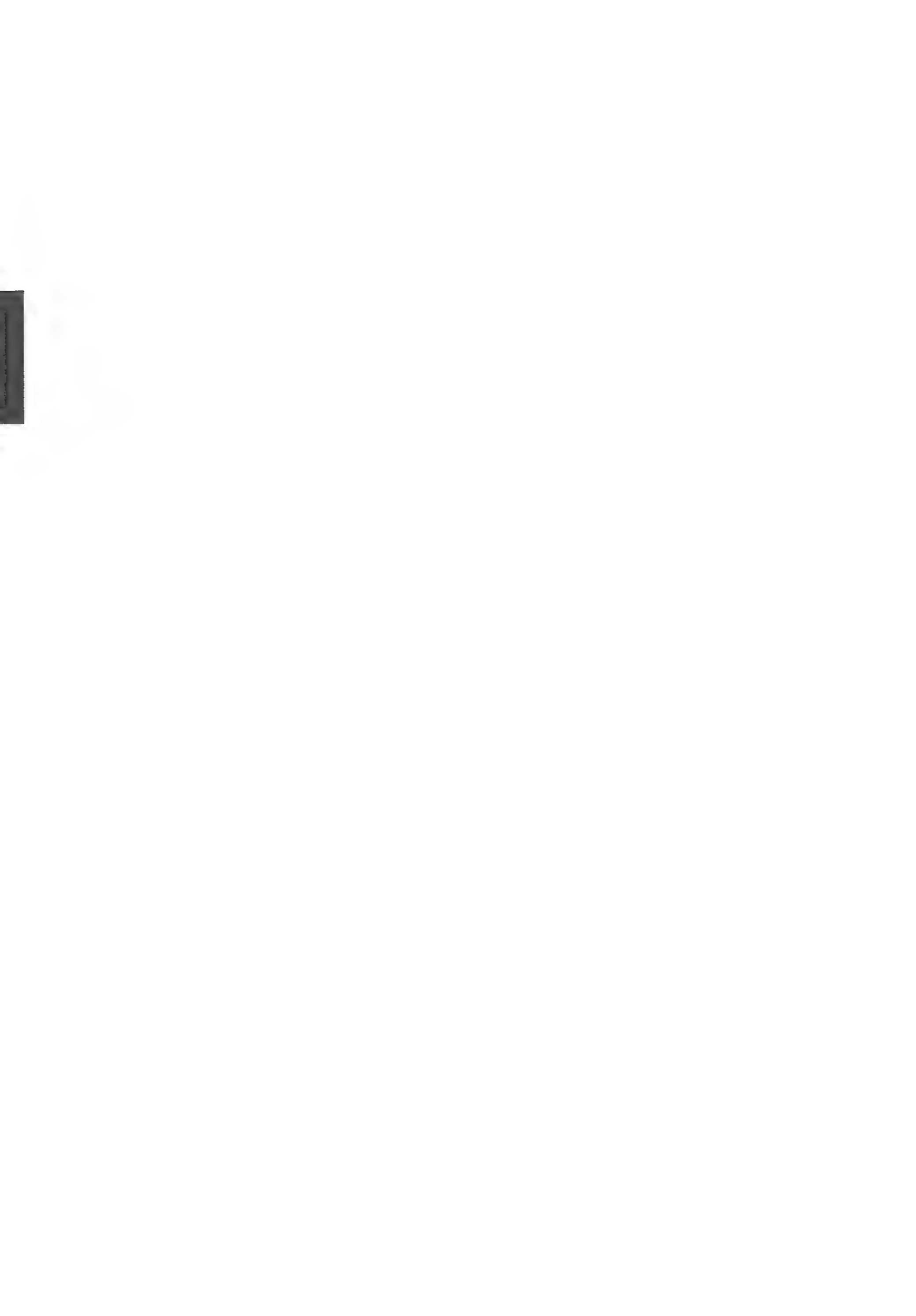
+) $DA_{rel} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_i^2 \cdot \lg \frac{t_2}{t_1}}$

Die Kennzeichnung der Ferroxcube-Sorten erfolgt durch Stempelung

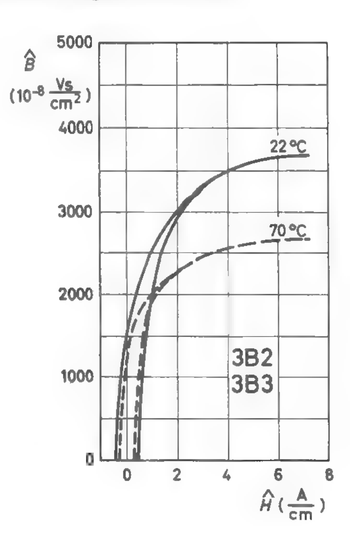
FERROXCUBE 3 und 4
magnetische und elektrische Eigenschaften

3C2	3C4	3C6	3D3	3E1	3E2	4B1	4C1	4C3	4C4	4E1
900 ±20 %			750 ±20 %	2700 ±20 %	>5000	250 ±20 %	125 ±20 %	80 ±20 %	120 ±20 %	15 ±20 %
			<8/<30 100/1000	<2,5/<15 4/100		<90 1 MHz	<160 3 MHz	<100 10 MHz	<60 5 MHz	<300 20 MHz
>150			>150	>125		>250	>350	>350	>350	>500
8 3650 2800	Nur für Leistungs-Übertragung (Zeilentrans-formator in Fernseh-Geräten) Magnetische Daten siehe unter U-Kernen		8 4200 3350	8 3550 2450		16 3250 2800	24 3400 3100	24 3900 3600	24 3300 3100	80 1750 1650
			<3 <2,1 100 4 u. 8	<4 <2,75 4 4 u. 8						
			<2	<4		<8	<12	<10	<10	<15 (5bis55)
			≈1,3	≈2,5						
>10						$>10^5$	$>10^5$	$>10^5$	$>10^5$	$>10^5$
			<15	<6					<10	
bis 0,15			0,1-2	bis 0,1	bis 0,1	0,5-2	2-10	2-30	2-15	10-100
bis 10			bis 10	bis 3	bis 0,5	bis 40	bis 70	bis 80	bis 60	bis 200
Joch-ringe	nur U-Kerne	U-Kerne EI-Kerne	Schalen-, Stift-, Gewinde-, Stabkerne	E- und Schalen-kerne	Ring-, H-kerne	Stift-, Rohr-, Stab-kerne	Scha-len-kerne	Stab-kerne	Scha-len-, Kreuz-kerne	Schalen-kerne

Alle magnetischen Daten sind gemessen an Ringkernen von 36 mm Außendurchmesser, 28 mm Innendurchmesser und 10 mm Höhe.

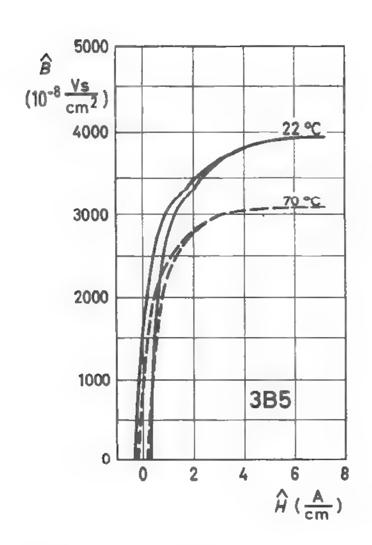


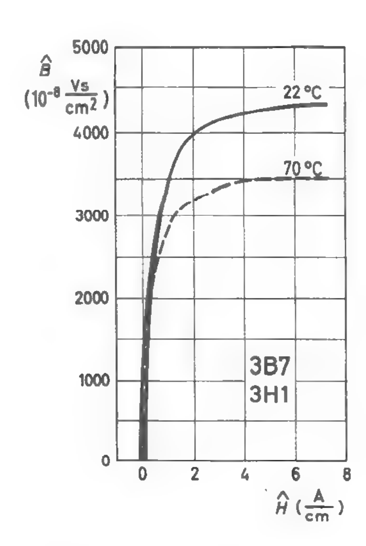
Die folgenden Angaben wurden im allgemeinen durch Messungen an entmagnetisierten Prüfringen gewonnen, die durch Trockenpressen in Matrizen und anschließendes Sintern hergestellt sind.



Statische Hystereseschleifen und Neukurven

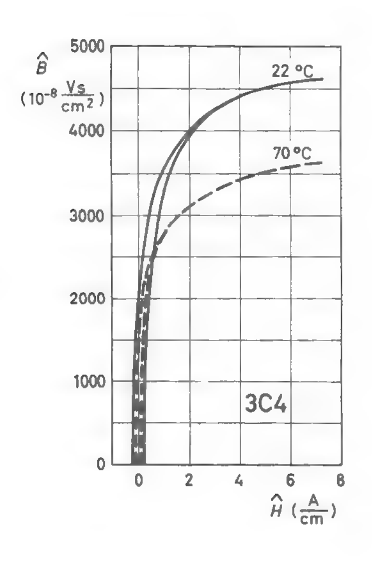
Im folgenden sind die Hälften der statischen Hystereseschleifen und die Neukurven für die einzelnen Materialien bei verschiedenen Temperaturen dargestellt. Die Sättigung von FERROXCUBE wird erst bei hohen Werten der magnetischen Feldstärke H erreicht.

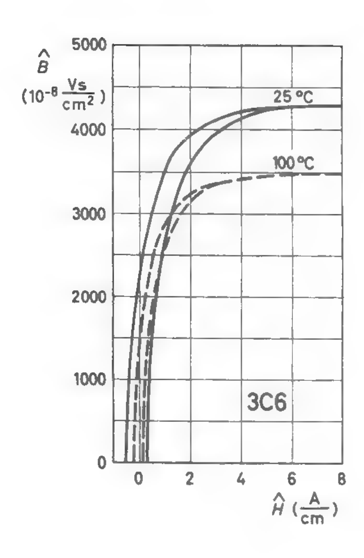


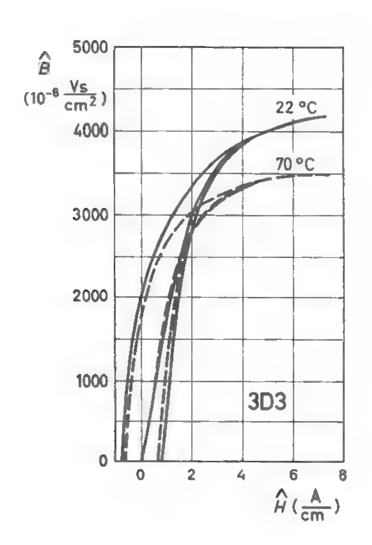


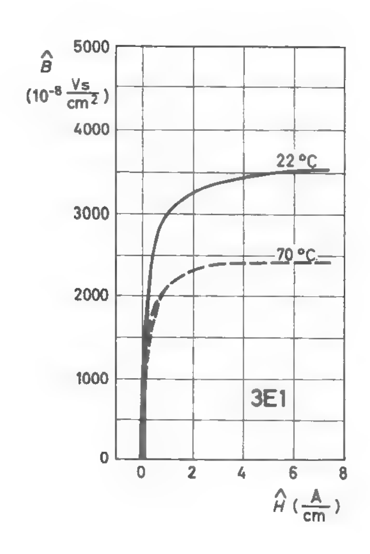

ALLGEMEINES


VALVO

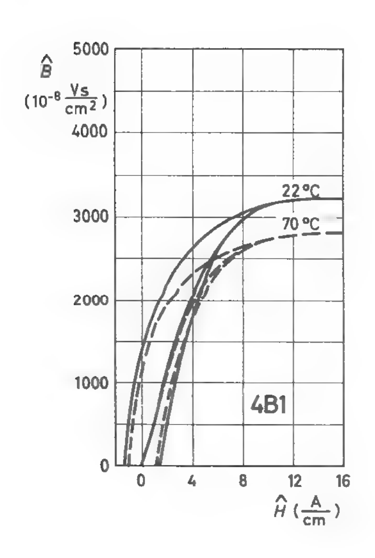

$\hat{B}$
$(10^{-8} \frac{Vs}{cm^2})$
5000
4000
3000
2000
1000
0
22 °C
70 °C
3C4
0
2
4
6
8
$\hat{H}$ $(\frac{A}{cm})$

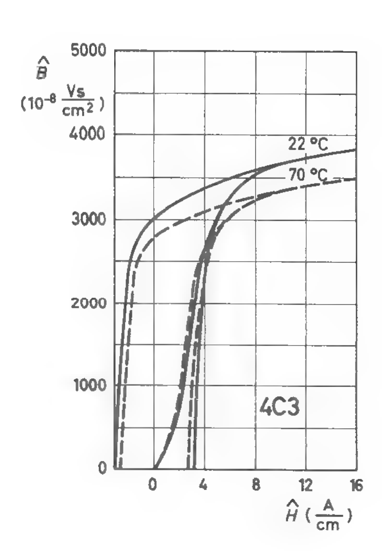

$\hat{B}$
$(10^{-8} \frac{Vs}{cm^2})$
5000
4000
3000
2000
1000
0
25 °C
100 °C
3C6
0
2
4
6
8
$\hat{H}$ $(\frac{A}{cm})$

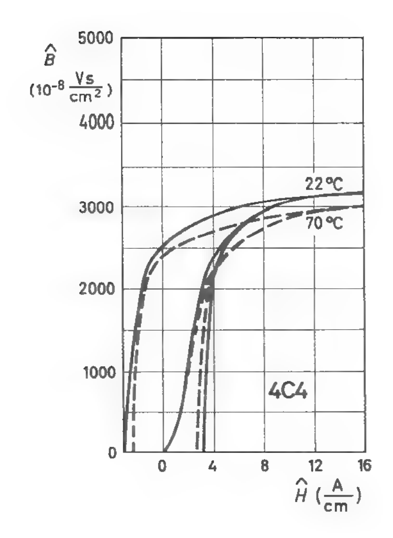

$\hat{B}$
$(10^{-8} \frac{Vs}{cm^2})$
5000
4000
3000
2000
1000
0
22 °C
70 °C
3D3
0
2
4
6
8
$\hat{H}$ $(\frac{A}{cm})$

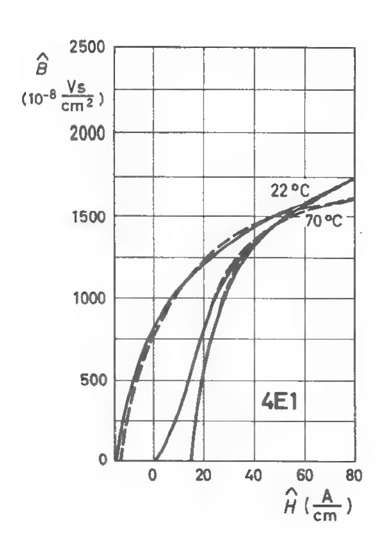

$\hat{B}$
$(10^{-8} \frac{Vs}{cm^2})$
5000
4000
3000
2000
1000
0
22 °C
70 °C
3E1
0
2
4
6
8
$\hat{H}$ $(\frac{A}{cm})$

FERROXCUBE 3 und 4
magnetische und elektrische Eigenschaften











Anfangspermeabilität μ_i

Die Anfangspermeabilität μ_i ist das mit $\frac{1}{\mu_0}$ multiplizierte Verhältnis zwischen Induktions- und Feldstärkenänderung bei Magnetisierung durch ein sehr schwaches Wechselfeld, gemessen an einem entmagnetisierten geschlossenen Ringkern

$$\mu_i = \frac{\Delta B}{\Delta H} \cdot \frac{1}{\mu_0} \qquad (\Delta H \rightarrow 0) \quad .$$

μ_i ist für die Temperatur von 23 °C in der Werkstofftabelle angegeben. Die Anfangspermeabilität wird auch als Ringkernpermeabilität bezeichnet.

Wechselfeldpermeabilität $\mu_\sim$

Die Wechselfeldpermeabilität ist die Größe

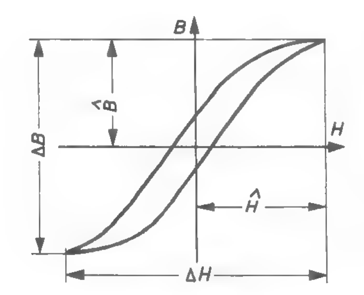
$$\mu_\sim = \frac{\hat{B}}{\hat{H}} \cdot \frac{1}{\mu_0}$$

wobei $\hat{H}$ der Scheitelwert der magnetischen Feldstärke

$$\left(\hat{H} = \frac{\Delta H}{2}\right) \quad ,$$

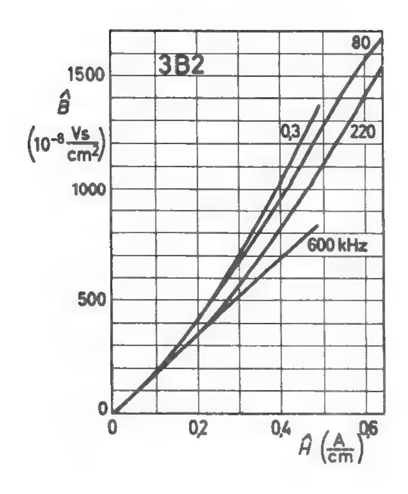
$\hat{B}$ der Scheitelwert der Induktion ist

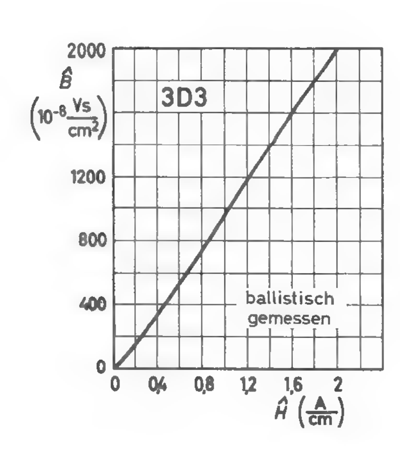
$$\left(\hat{B} = \frac{\Delta B}{2}\right) \quad .$$

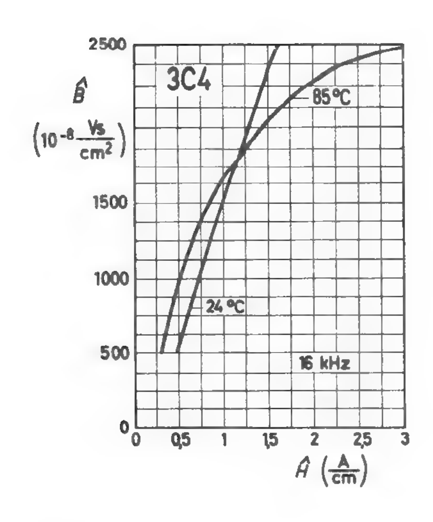


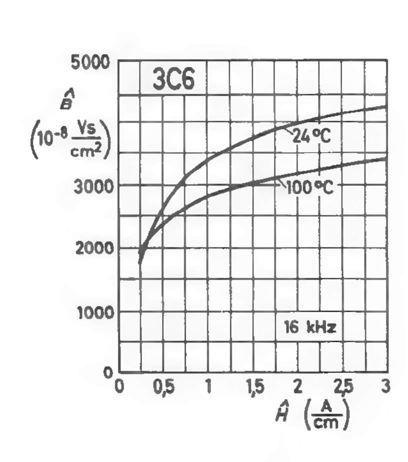
$\mu_\sim$ ist eine Funktion der Temperatur, der Vormagnetisierungs-Gleichfeldstärke H_ und bei den meisten FERROXCUBE-Sorten in weitem Bereich auch eine Funktion der Frequenz.

$\hat{B}$ als Funktion von $\hat{H}$ gemessen an Ringkernen



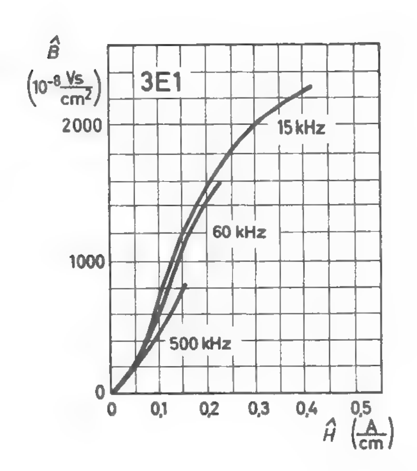


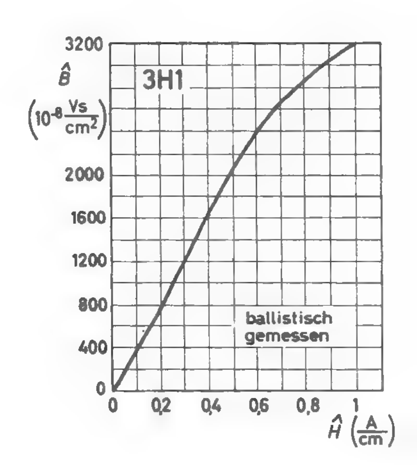


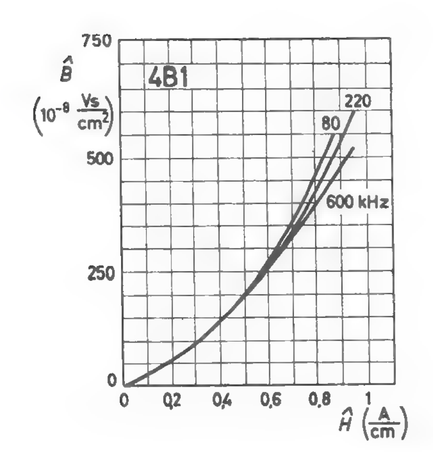


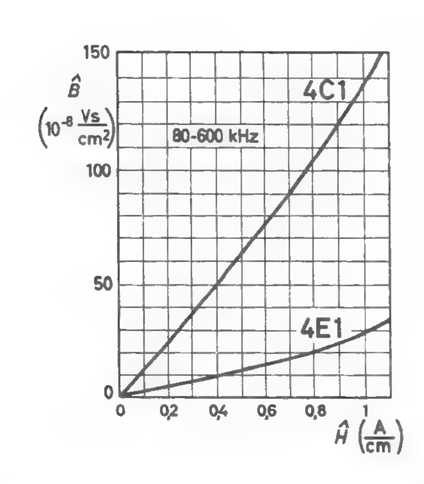

ALLGEMEINES


VALVO


$\hat{B}$
$\left(10^{-8}\frac{Vs}{cm^2}\right)$
3E1
2000
1000
0
15 kHz
60 kHz
500 kHz
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
$\hat{H}$ $\left(\frac{A}{cm}\right)$


3200
$\hat{B}$
$\left(10^{-8}\frac{Vs}{cm^2}\right)$
3H1
2000
1600
1200
800
400
0
ballistisch gemessen
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
$\hat{H}$ $\left(\frac{A}{cm}\right)$

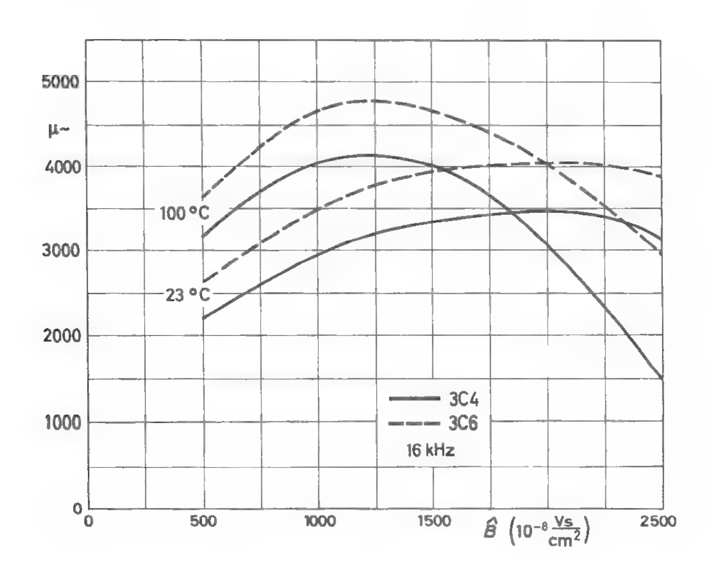

750
$\hat{B}$
$\left(10^{-8}\frac{Vs}{cm^2}\right)$
4B1
500
250
0
220
80
600 kHz
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
$\hat{H}$ $\left(\frac{A}{cm}\right)$


150
$\hat{B}$
$\left(10^{-8}\frac{Vs}{cm^2}\right)$
100
50
0
4C1
80-600 kHz
4E1
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
$\hat{H}$ $\left(\frac{A}{cm}\right)$

$\mu_\sim$ bei Betrieb ohne Vormagnetisierung (Scheinpermeabilität)

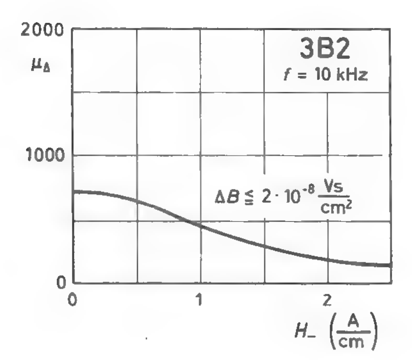
Die Kurven auf den vorigen Seiten zeigen für eine Temperatur von 23 °C die Abhängigkeit des Induktionsscheitelwertes $\hat{B}$ von der Feldstärkenamplitude $\hat{H}$ bei verschiedenen Frequenzen. Daraus kann die Wechselfeldpermeabilität $\mu_\sim$ errechnet werden.

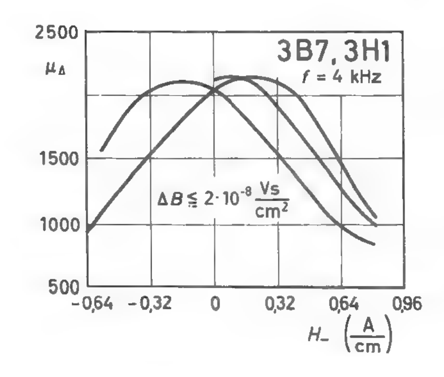
Für die Werkstoffe 3C4 und 3C6 ist die Wechselfeldpermeabilität auf untenstehendem Bild bei der Frequenz von 16 kHz und der Temperatur von 23 °C als Funktion des Induktionsscheitelwertes $\hat{B}$ dargestellt, gemessen am U-Kern-Paar U 57.

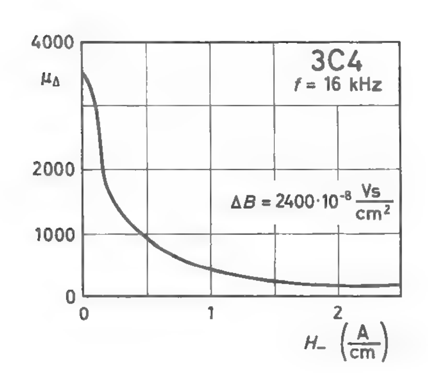


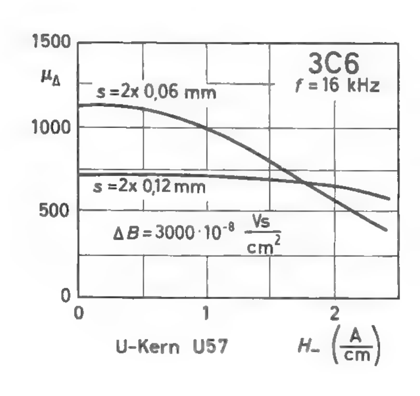
Überlagerungspermeabilität μ_Δ

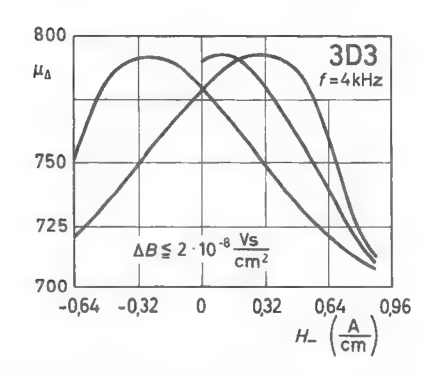
Die folgenden Bilder zeigen die Überlagerungspermeabilität μ_Δ (Wechselfeldpermeabilität bei Vormagnetisierung) als Funktion eines vormagnetisierenden Gleichfeldes H_-. Die Amplitude ΔH der sinusförmigen Wechselfeldstärke ist so bemessen, daß sich bei jeder Vormagnetisierung stets ein konstanter Wert für die Wechselinduktion ΔB ergibt.

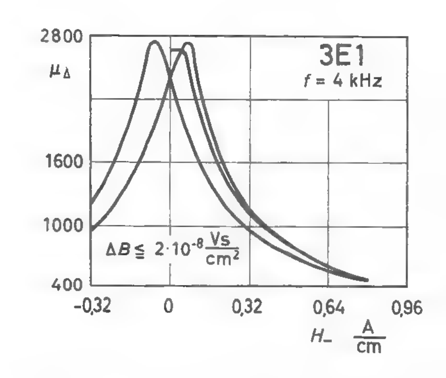

3B2
f = 10 kHz
$\Delta B \leqq 2 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$
2000
μ_Δ
1000
0
0
1
2
H_- $\left(\frac{A}{cm}\right)$

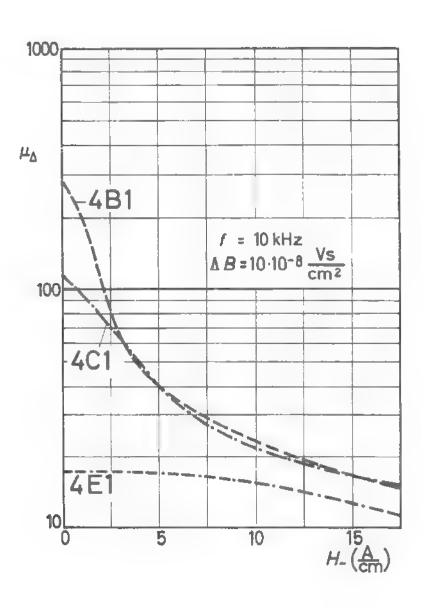

3B7, 3H1
f = 4 kHz
$\Delta B \leqq 2 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$
2500
μ_Δ
1500
1000
500
-0,64
-0,32
0
0,32
0,64
0,96
H_- $\left(\frac{A}{cm}\right)$

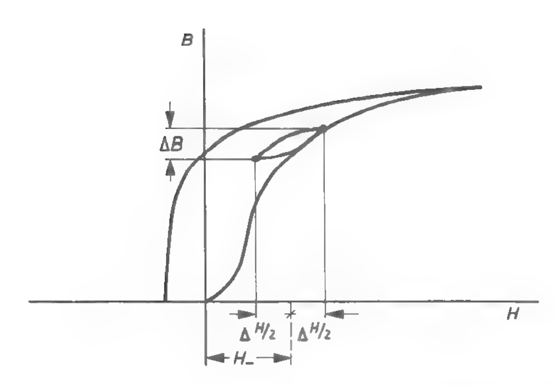

3C4
f = 16 kHz
$\Delta B = 2400 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$
4000
μ_Δ
2000
1000
0
0
1
2
H_- $\left(\frac{A}{cm}\right)$


3C6
f = 16 kHz
s = 2x 0,06 mm
s = 2x 0,12 mm
$\Delta B = 3000 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$
1500
μ_Δ
1000
500
0
0
1
2
U-Kern U57
H_- $\left(\frac{A}{cm}\right)$


3D3
f = 4 kHz
$\Delta B \leqq 2 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$
800
μ_Δ
750
725
700
-0,64
-0,32
0
0,32
0,64
0,96
H_- $\left(\frac{A}{cm}\right)$


3E1
f = 4 kHz
$\Delta B \leqq 2 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$
2800
μ_Δ
1600
1000
400
-0,32
0
0,32
0,64
0,96
H_- $\frac{A}{cm}$





$$\mu_{rev} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta H} \quad \Big|\ \Delta H \to 0$$



Reversible Permeabilität μ_{rev}

Wird das vormagnetisierende Gleichfeld H_{-} von einem sehr schwachen Wechselfeld überlagert, so äußert sich die Hysterese nur durch das Erscheinen einer sehr flachen kleinen Schleife. Hin- und Rückgang werden reversibel. Man nennt deshalb

$$\mu_{rev} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta H} \qquad (\Delta H \rightarrow 0)$$

die reversible Permeabilität. Wird dieser reversible Prozeß an vollkommen entmagnetisierten Proben, also im Nullpunkt gemessen, so erhält man die Anfangspermeabilität μ_i (soweit vorstehende Kurven mit $\Delta B < 10 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$ gemessen wurden, zeigen sie praktisch den Verlauf von μ_{rev}).

Effektive Permeabilität μ_e bei Kernen mit Luftspalt

Bei Kernen mit Luftspalt wird die Hystereseschleife durch Entmagnetisierung verformt (geschert) und die Anfangspermeabilität μ_i auf die effektive Permeabilität μ_e (Aequivalentpermeabilität) reduziert.

μ_e ist stark von der Form und den Abmessungen des FERROXCUBE-Kernes abhängig und für viele Bauteile auf den Datenblättern angegeben.
(s.a. Schalenkerne der P-Reihe, Allgemeines)

Komplexe Permeabilität $\overline{\mu}$

Die komplexe Permeabilität $\overline{\mu}$ kann oft mit Vorteil bei der Beschreibung der Kernverluste von Spulen und Transformatoren verwendet werden. Die Kernverluste lassen sich im Ersatzschaltbild der Spule durch einen Kernverlustwiderstand berücksichtigen.

Bei der Serienersatzschaltung faßt man die Verluste des Kernmaterials in einem mit der verlustfreien Selbstinduktion L in Serie liegenden Kernverlustwiderstand R_k zusammen und erhält für den komplexen Gesamtwider-

stand $\mathfrak{Z}$ (Impedanz)

$$\mathfrak{Z} = j\omega L + R_k \quad .$$

Mit Hilfe der Definition für die komplexe Permeabilität bei Serienschaltung

$$\overline{\mu} = \mu_s' - j\mu_s''$$

ergibt sich

$$\mathfrak{Z} = j\omega L_0 \overline{\mu} = j\omega L_0 \, (\mu_s' - j\mu_s'') \; ,$$

wobei L_0 die Selbstinduktion der Spule ohne Kern x) ist. Es ist also

$$L = L_0 \cdot \mu_s' \quad \text{und} \quad R_k = \omega L_0 \mu_s'' \quad .$$

Diese Seriendarstellung wird gewöhnlich bei der Berechnung der Kernverluste von Spulen benutzt.

Bei Transformatoren ist die Parallelschaltung eines Verlustwiderstandes R_p zur Selbstinduktion L im Ersatzschaltbild vorteilhafter. Bei dieser Darstellung ergibt sich der Gesamtleitwert $\mathfrak{Y}$ (Admittanz)

$$\mathfrak{Y} = \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R_p}$$

Mit Hilfe der Definition für die komplexe Permeabilität bei Parallelschaltung

$$\frac{1}{\overline{\mu}} = \frac{1}{\mu_p'} - \frac{1}{j\mu_p''}$$

erhält man

$$\mathfrak{Y} = \frac{1}{j\omega L_0 \overline{\mu}} = \frac{1}{j\omega L_0} \left(\frac{1}{\mu_p'} - \frac{1}{j\mu_p''}\right) \quad .$$

Es ist also

$$L = L_0 \mu_p' \quad ; \quad R_p = \omega L_0 \cdot \mu_p'' \quad .$$

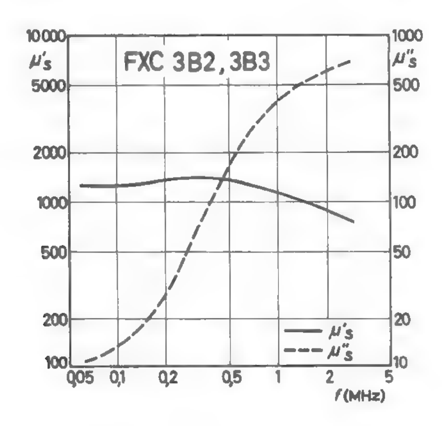
---

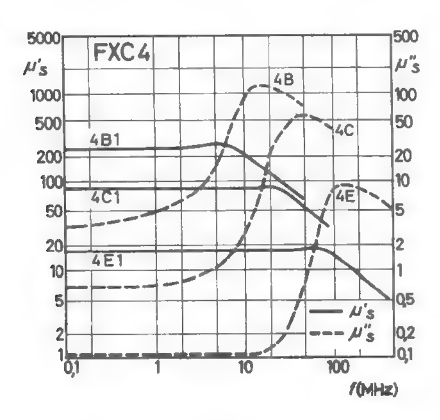
x) L_0 läßt sich exakt nur bei Ringkernwicklungen ermitteln.

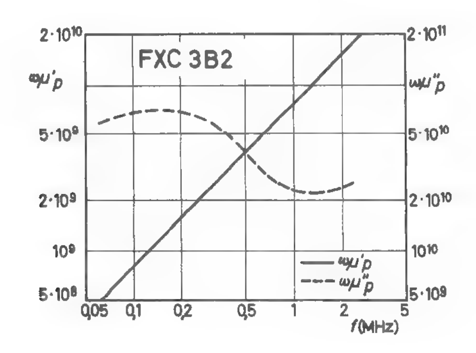
Der Verlustfaktor des Kernmaterials tan δ_k ist

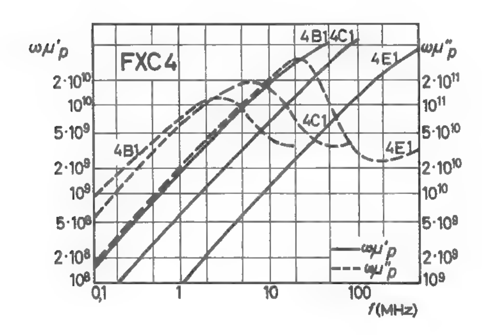
$$\tan \delta_k = \frac{R_k}{\omega L} = \frac{\mu''_s}{\mu'_s} = \frac{\mu'_p}{\mu''_p} \quad .$$

Nachstehend sind die Anteile μ'_s und μ''_s der komplexen Permeabilität sowie - für Transformatorberechnungen - die Produkte $\omega\mu'_p$ und $\omega\mu''_p$ als Funktion der Frequenz für die üblichen FERROXCUBE-Sorten, gemessen bei Induktionen von ca. $10^{-8}\ \frac{Vs}{cm^2}$, dargestellt.









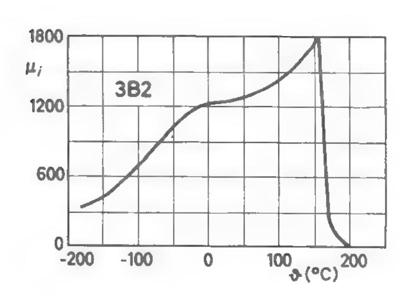
Temperaturabhängigkeit der Anfangspermeabilität, Curie-Temperatur

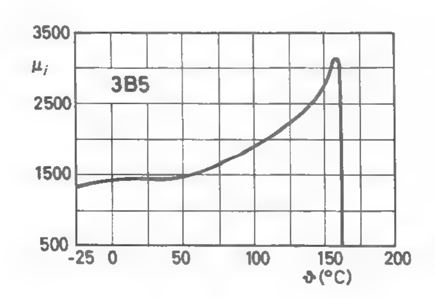
Nachstehend ist der Temperaturverlauf der Anfangspermeabilität bei den einzelnen FERROXCUBE-Sorten dargestellt. Man sieht, daß μ_i mit wachsender Temperatur mehr oder weniger stetig ansteigt und nach Überschreiten eines Maximums bis auf den Wert $\mu_i = 1$ (Curie-Punkt) steil abfällt.

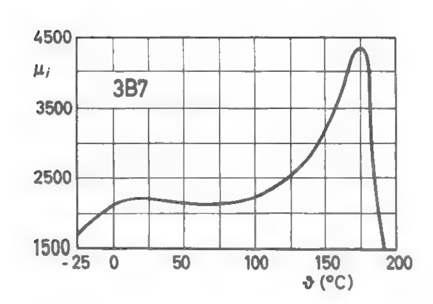
Da der Curie-Punkt ($\mu_i = 1$) für praktische Anwendungen nur selten interessiert, geben wir diejenige Temperatur an, bei der μ_i nach Überschreiten des Maximums wieder auf den Wert bei 20 °C abgesunken ist. Diese Tempera-

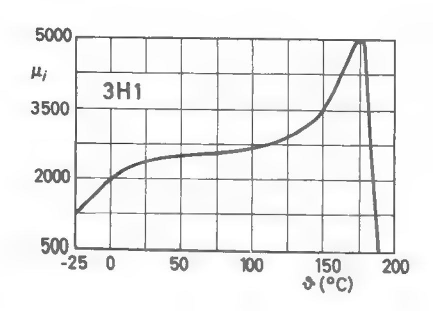


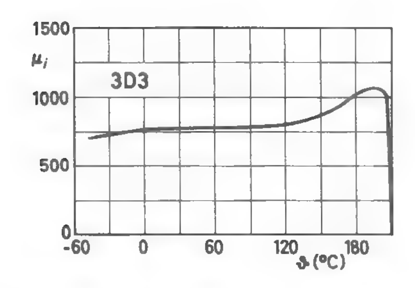
tur bezeichnen wir hier als Curie-Temperatur. In der Werkstofftabelle sind die von uns garantierten unteren Grenzen der Curie-Temperatur für die einzelnen FERROXCUBE-Sorten zusammengestellt.

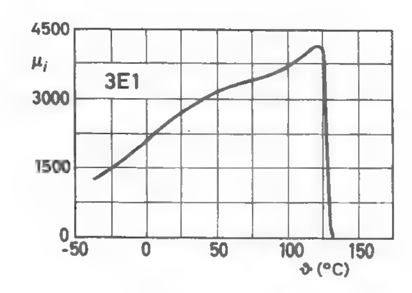


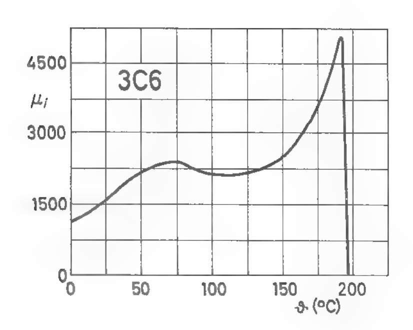


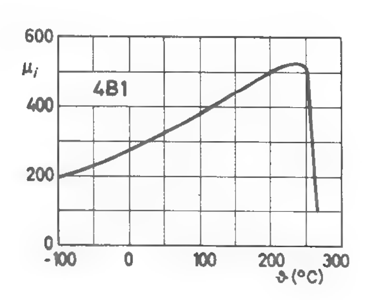


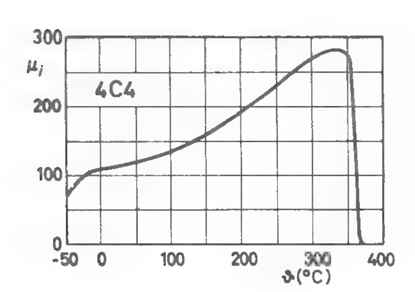


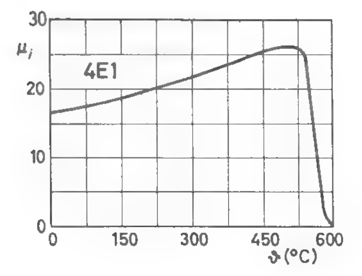












FERROXCUBE kann bei gleichmäßiger Erwärmung über die Curie-Temperatur hinaus bis auf etwa 400 °C erwärmt werden. Nach Abkühlung zeigt die Anfangspermeabilität im allgemeinen wieder den üblichen Temperaturverlauf.

Temperaturkoeffizient (Temperaturbeiwert)

Der Temperaturkoeffizient der Anfangspermeabilität eines geschlossenen Kernes ist definiert durch

$$TK\mu_i = \frac{1}{\mu_{i1}} \cdot \frac{\mu_{i2} - \mu_{i1}}{\vartheta_2 - \vartheta_1}$$

wobei μ_{i1} bzw. μ_{i2} die Anfangspermeabilitäten bei den Temperaturen ϑ_1 bzw. ϑ_2 sind. Wie aus den Kurven auf der vorigen Seite hervorgeht, steigt die Permeabilität in einem bestimmten Bereich nicht immer linear mit



der Temperatur an.

Bei Kernen mit Luftspalt reduziert sich der Temperaturbeiwert $TK\mu_i$ auf

$$TK\mu_e = \frac{\mu_e}{\mu_{i1}} \cdot TK\mu_i$$

Man nennt den auf eine Anfangspermeabilität von $\mu_i = 1$ bezogenen Temperaturkoeffizienten den „relativen Temperaturbeiwert".

$$\frac{TK\mu_i}{\mu_{i1}} = TK_{rel}$$

Man findet also den Temperaturbeiwert $TK\mu_e$ eines Kernes mit Luftspalt durch Multiplikation des relativen Temperaturbeiwertes TK_{rel} mit μ_e. Der relative Temperaturbeiwert

$$TK_{rel} = \frac{1}{\mu_{i1}^2} \cdot \frac{\mu_{i2} - \mu_{i1}}{\vartheta_2 - \vartheta_1}$$

ist eine Materialkonstante und in der Werkstofftabelle für $\vartheta_1 = 23\ ^oC$ und $\vartheta_2 = 55\ ^oC$ bzw. $70\ ^oC$ angegeben.

Für den Temperaturbereich von 0 °C bis 100 °C weicht TK_{rel} nicht stark von den für 23 bis 70 °C angegebenen Werten ab. Ebenso wie durch einen Luftspalt kann der Temperaturbeiwert auch durch Vormagnetisierung verändert werden.

Dielektrizitätskonstante

FERROXCUBE besitzt eine außerordentlich hohe und stark von der Frequenz abhängige Dielektrizitätskonstante, verbunden mit einem hohen dielektrischen Verlustwinkel. Im Mittel beträgt

für FERROXCUBE 3		für FERROXCUBE 4	
bei 1 kHz:	$\varepsilon \approx 150000$	bei 1 kHz:	$\varepsilon \approx 400$
bei 10 MHz:	$\varepsilon \approx 50000$	bei 10 MHz:	$\varepsilon \approx 15$

In Verbindung mit der hohen Permeabilität hat die große Dielektrizitäts-

konstante besonders bei FERROXCUBE 3 eine sehr niedrige elektromagnetische Fortpflanzungsgeschwindigkeit zur Folge. Hierdurch können in Einzelteilen größerer Abmessungen Raumresonanzen entstehen, die hohe Dämpfungen verursachen. Für größere Teile wird man daher bei Frequenzen oberhalb ca. 300 kHz besser FERROXCUBE 4 verwenden.

Spezifischer Widerstand

Der spezifische Gleichstromwiderstand ϱ_- der verschiedenen FERROXCUBE-Sorten ist für 23 °C und eine Stromdichte von $\frac{2\ \text{mA}}{\text{cm}^2}$ in der Werkstofftabelle angegeben.

Der spezifische Widerstand bei Wechselstrom beträgt im Mittel

für FERROXCUBE 3	für FERROXCUBE 4
bei 1 kHz: $\varrho_\sim \approx 100\ \Omega\text{cm}$	bei 1 kHz: $\varrho_\sim \approx 5\cdot 10^6\ \Omega\text{cm}$
bei 10 MHz: $\varrho_\sim \approx 10\ \Omega\text{cm}$	bei 10 MHz: $\varrho_\sim \approx 0{,}2\cdot 10^6\ \Omega\text{cm}$

Magnetostriktion λ

FERROXCUBE 3 zeigt fast keine lineare Magnetostriktion, d.h. fast keine Längenveränderungen bei Magnetisierung. Die lineare Magnetostriktion von FERROXCUBE 4 ist negativ. Die Verkürzung $\Delta l/l = \lambda$ ist eine Funktion der Magnetisierung M. Wenn das Material die Sättigungsmagnetisierung M_s erreicht hat, nimmt die Verkürzung den Wert λ_s an.

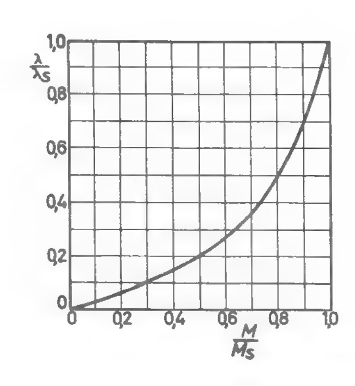
Nachstehend sind für FERROXCUBE 4 λ/λ_s als Funktion von M/M_s und die maximalen Verkürzungen λ_s angegeben. Sie können der Berechnung der linearen Magnetostriktion für jeden Magnetisierungswert dienen.

Diese für FERROXCUBE 7 besonders wichtigen Angaben sind im allgemeinen Teil zu FXC 7 aufgeführt.

Für magnetostriktive Anwendungen eignen sich die FERROXCUBE 7-Sorten am besten.



FERROXCUBE 4B1 $\lambda_s = -7 \cdot 10^{-6}$
4C1 $\lambda_s = -15 \cdot 10^{-6}$
4E1 $\lambda_s = -27 \cdot 10^{-6}$



Desakkommodation

Als Desakkommodation wird die zeitliche Änderung der Permeabilität bezeichnet. Sie wird durch Permeabilitätsmessung im Zeitpunkt t_1 und t_2 nach vollständiger Entmagnetisierung des Prüfringes ermittelt. Nach der Entmagnetisierung verläuft die zeitliche Abnahme der Permeabilität nach einer logarithmischen Funktion. Für diejenigen FXC-Sorten, die sich besonders für hochkonstante Spulen und Filter eignen, werden Maximalwerte der auf $\mu_i = 1$ bezogenen relativen Desakkommodation DA_{rel} garantiert.

$$DA_{rel} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_i^2 \cdot \lg \frac{t_2}{t_1}}$$

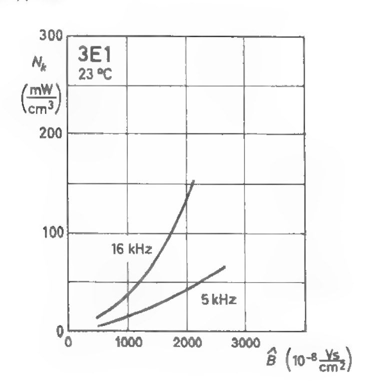
Bei magnetischer Belastung durch Gleichstromstöße unterliegt die Permeabilität ebenfalls nur geringfügigen Veränderungen.

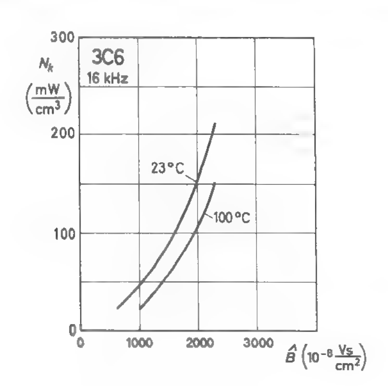
Kernverlustleistung N_k

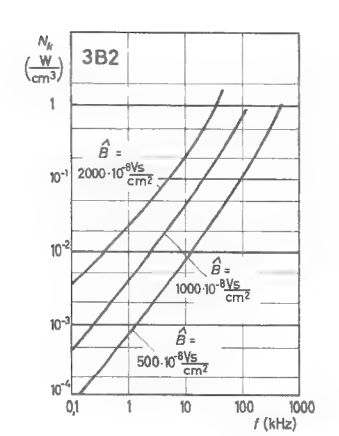
Für Anwendungen bei höheren Aussteuerungen sind in den folgenden Kurven die gemessenen totalen Kernverluste dargestellt. Sie zeigen für verschiedene Induktionen bei Betrieb ohne Vormagnetisierung die auftretende Verlustleistung N_k in Abhängigkeit der Frequenz. Bei dem für höhere Induktion geeigneten FXC 3C6 sind die Kernverluste für zwei Temperaturen angegeben.

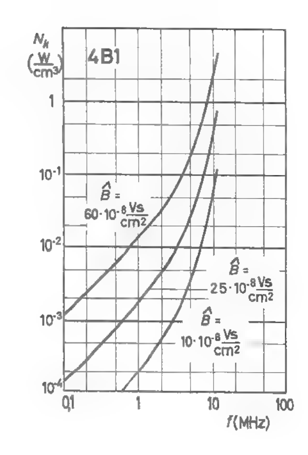


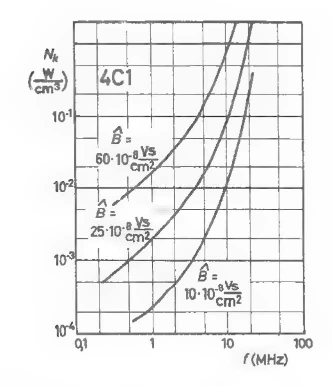
magnetische und elektrische Eigenschaften

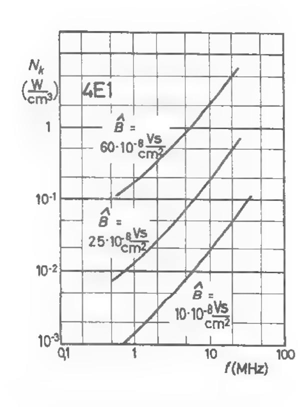












Kernverlustwiderstand R_k und Kernverlustfaktor tan δ_k

Die Kernverluste einer Spule mit FERROXCUBE-Kern können im Ersatzschaltbild der Spule durch einen mit der Selbstinduktion L in Serie liegenden Verlustwiderstand R_k berücksichtigt werden. R_k setzt sich aus dem Restverlustwiderstand R_{kr}, dem Hystereseverlustwiderstand R_{kh} und dem Wirbelstromverlustwiderstand R_{kw} zusammen

$$R_k = R_{kr} + R_{kh} + R_{kw}$$

Der Kernverlustfaktor tan δ_k ist definiert durch das Verhältnis

$$\tan \delta_k = \frac{R_k}{\omega L} \quad .$$

Für die Berechnung von FERROXCUBE-Kernen mit Luftspalt interessiert der relative Kernverlustfaktor, der an FERROXCUBE-Ringkernen ohne Luftspalt mit einer Spule der Selbstinduktion L bei einer Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$ bestimmt wird.

$$\frac{\tan \delta_k}{\mu_i} = \frac{1}{\mu_i} \cdot \frac{R_k}{\omega L} \quad .$$

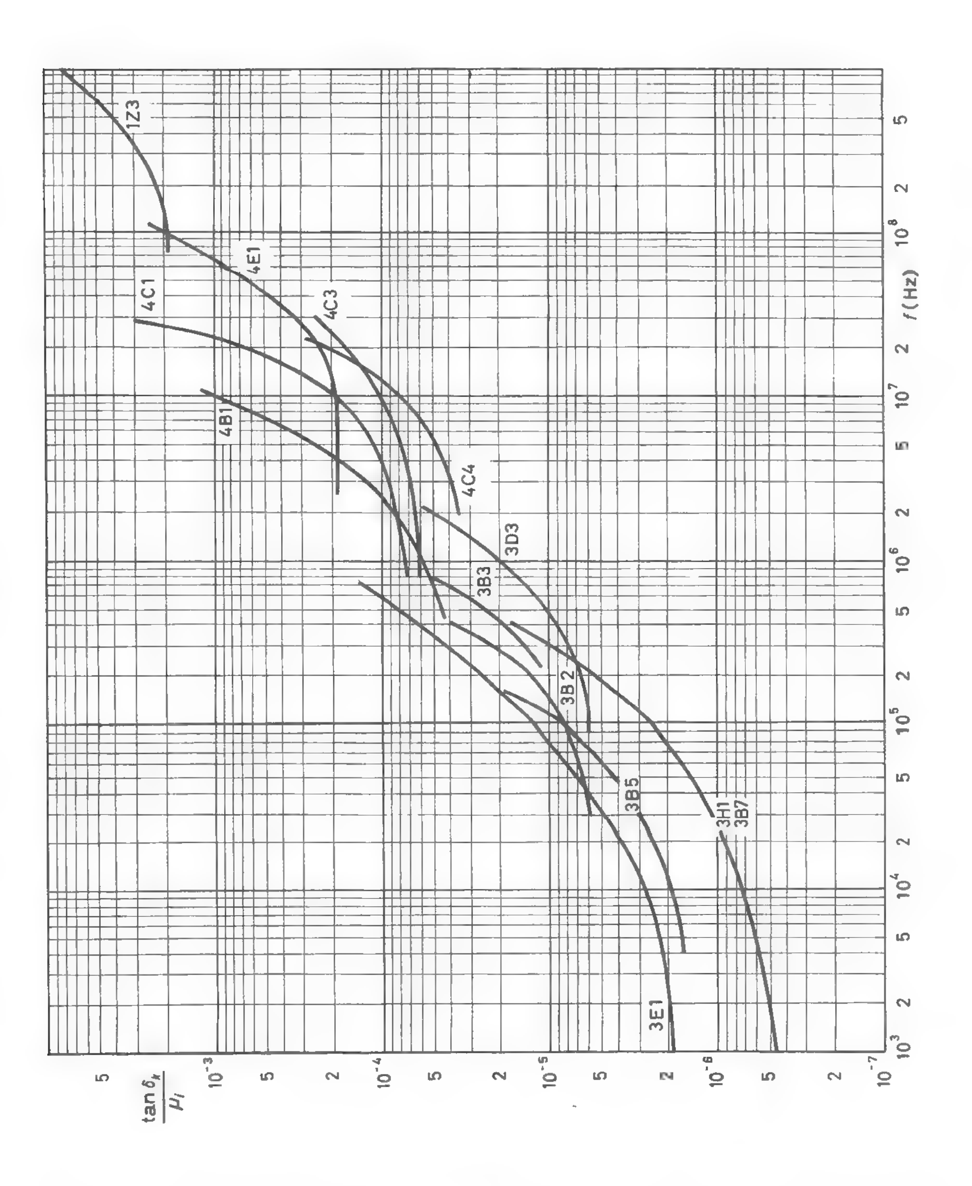
Der auf $\mu_i = 1$ bezogene relative Kernverlustfaktor ist weitgehend unabhängig vom Luftspalt.

In der Werkstofftabelle sind die von uns garantierten oberen Grenzwerte von $\frac{\tan \delta_k}{\mu_i}$ für bestimmte Frequenzen angegeben.

Auf der folgenden Seite ist der relative Verlustfaktor von Ringkernen ohne Luftspalt als Funktion der Frequenz dargestellt. Mit Hilfe dieses Kurvenblattes kann man zur Erzielung einer hohen Güte die FERROXCUBE-Sorten mit dem niedrigsten relativen Verlustfaktor tan δ_k/μ_i für die geforderte Arbeitsfrequenz auswählen.

Das Diagramm enthält auch den relativen Verlustfaktor der isotropen FERROXPLANA-Sorte 1Z3.

FERROXCUBE 3 und 4
magnetische und elektrische Eigenschaften





Für einen FERROXCUBEkern mit Luftspalt erhält man den Kernverlustfaktor durch Multiplikation des relativen Kernverlustfaktors mit μ_e.

Dimensionierungshinweise sind für Schalenkerne im allgemeinen Teil Schalenkerne, sowie für E-Kerne im allgemeinen Teil E-Kerne angegeben.

Restverlust

Bei den meisten Anwendungen bildet der Restverlust den Hauptanteil an den gesamten Kernverlusten. Zur Beschreibung des Restverlustwiderstandes eines geschlossenen Ringkernes wird der allgemein in ‰ angegebene Restbeiwert r verwendet. Es ist

$$R_{kr} = r \cdot f \cdot L \quad \text{mit f in kHz, L in H und } R_{kr} \text{ in } \Omega.$$

Bei Ringkernen mit Luftspalt und anderen, nur mit einem kleinen Luftspalt versehenen Kernen, reduziert sich r auf

$$r' = \mu_e \cdot \frac{r}{\mu_i}$$

Für den Restverlustfaktor gilt entsprechend

$$\tan \delta_{kr} = \frac{\mu_e}{\mu_i} \cdot \frac{R_{kr}}{\omega L}$$

Hystereseverlust

Die folgenden Angaben zur Berechnung der Hystereseverluste bei FERROXCUBE gelten nur bis zu Induktionen von etwa $40 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$, weil die Abweichungen vom Rayleighschen Gesetz bei höheren Induktionen sonst unzulässig groß werden.

Zur Beschreibung der Hystereseverluste bei geschlossenen Ringkernen wird oft die Größe q_2 verwendet. Es ist

$$\frac{R_{kh}}{L} = q_2 \cdot \sqrt{L} \cdot \frac{I}{1\ \text{mA}} \cdot \frac{f}{800\ \text{Hz}}$$

wobei allgemein R_{kh} in Ω, L in H, I in mA und f in Hz eingesetzt wird, so daß q_2 in $H^{-1/2}sec^{-1}$ erscheint.

Die Größe q_2 ermöglicht die Berechnung der Hystereseverluste ohne Kenntnis der Windungszahl der Spule und der Feldstärke im Kern.

Zur Messung von q_2 wird der Gesamtverlustwiderstand R_v bei zwei verschiedenen Stromstärkenmeßwerten I_1 und I_2 bei einer Frequenz von meistens 4 kHz ermittelt.

Die bei dieser Messung auftretende Widerstandsdifferenz ist allein den Hystereseverlusten zuzuschreiben. Für q_2 gilt dann die Beziehung

$$\frac{\Delta R_{kh}}{L} = q_2 \cdot \sqrt{L} \cdot \frac{\Delta I}{1\ \text{mA}} \cdot \frac{f}{800\ \text{Hz}} \quad .$$

In der Werkstofftabelle ist für die einzelnen FERROXCUBE-Sorten der Hysteresefaktor $q_{2(24-100)}$ angegeben. $q_{2(24-100)}$ ist der auf ein Kernvolumen von 24 cm^3 mit gleichförmigem Querschnitt und einer effektiven Permeabilität von 100 bezogene Hystereseverlustbeiwert.

Für Kerne mit einem beliebigen Volumen V bei gleichförmigem Querschnitt und einer effektiven Permeabilität μ_e kann man die Größe q_2 ableiten aus

$$q_2 = q_{2(24-100)} \cdot \left(\frac{\mu_e}{100}\right)^{3/2} \cdot \sqrt{\frac{24\ \text{cm}^3}{V}} \quad .$$

Bei Kernen mit ungleichförmigem Querschnitt (Schalenkerne, Topfkerne usw.) tritt an die Stelle des Kernvolumens V das effektive Volumen V_e. Es ist für die einzelnen Bauformen auf den jeweiligen Datenblättern genannt.

Zur Beschreibung der Hystereseverluste bei beliebig geformten Kernen mit Luftspalt gilt also die Beziehung

$$\frac{R_{kh}}{L} = q_{2(24-100)} \cdot \sqrt{L} \cdot \frac{I}{1\ \text{mA}} \cdot \frac{f}{800\ \text{Hz}} \cdot \left(\frac{\mu_e}{100}\right)^{3/2} \cdot \sqrt{\frac{24\ \text{cm}^3}{V_e}} \quad .$$

Statt der Größen q_2 bzw. $q_{2(24-100)}$ wird vielfach auch der Hysteresebeiwert h benutzt. Er ist für Ringkerne ohne Luftspalt folgendermaßen definiert

$$\frac{R_{kh}}{L} = h \cdot H_{eff} \cdot f \quad .$$

wobei R_{kh} in Ω, L in H, H_{eff} in $\frac{A}{cm}$ und f in kHz angegeben wird. Bei Kernen mit Luftspalt und ungleichförmigem Querschnitt muß h durch $h' = \frac{h}{\mu_i^2} \cdot \mu_e^2$ ersetzt werden.

$$\frac{R_{kh}}{L} = \frac{h}{\mu_i^2} \cdot \mu_e^2 \cdot H_{eff} \cdot f \quad .$$

Der relative Hysteresebeiwert $\frac{h}{\mu_i^2}$ ist eine Werkstoffkonstante. Bei seiner Verwendung ist die Kenntnis der Windungszahl der Spule bzw. der magnetischen Feldstärke im Kern erforderlich.

Zwischen $q_{2(24-100)}$ und $\frac{h}{\mu_i^2}$ besteht folgender Zusammenhang

$$q_{2(24-100)} = \frac{h}{\mu_i^2} \left\{ 1{,}46 \cdot 10^3 \; \frac{A \cdot kHz}{cm \cdot H^{1/2}} \right\} \quad .$$

Wirbelstromverlust

Der Wirbelstromverlust ist vom spezifischen Widerstand und von der Bauform abhängig. Der spezifische Widerstand von FERROXCUBE 4 ist so hoch, daß der Wirbelstromverlust stets zu vernachlässigen ist. Bei FERROXCUBE 3 tritt er erst bei höheren Frequenzen in Erscheinung, so daß der Anteil im Gesamtverlust einer FERROXCUBEkernspule meist zu vernachlässigen ist.

Da die Berechnung bei Kernen mit unterschiedlichem Querschnitt ziemlich ungenau ist, geben wir hier keine Rechenformel für den Wirbelstromverlustwiderstand R_{kw} an.



Drahttabelle (Richtwerte)

Kupfer-Runddraht

Nenn-durchmesser (mm)	Außendurchmesser bei Isolation mit Lack (mm)	Außendurchmesser bei Isolation mit Lack-1x-Seide (mm)	Ω/m bei 20 °C Nennwert (DIN 6441/42)
0,05	0,060	0,100	8,94
0,06	0,070	0,110	6,21
0,08	0,092	0,133	3,49
0,10	0,115	0,157	2,23
0,12	0,135	0,177	1,55
0,15	0,170	0,214	0,99
0,20	0,220	0,265	0,56
0,25	0,275	0,325	0,36
0,3	0,325	0,377	0,25
0,4	0,430	0,484	0,14
0,5	0,535	0,591	0,085
0,6	0,640	0,699	0,062
0,7	0,740	0,799	0,046
0,8	0,850	0,912	0,035
1,0	1,050	1,112	0,022
1,2	1,260	1,325	0,015



HF-Litze

Litzen-Nennmaße		Außendurchmesser		Ω/m bei 20 °C Nennwert (DIN 46447)
Anzahl	Nenn-durchmesser (mm)	ohne Umspinnung (mm)	mit einfach Naturseide (mm)	
10	0,04	0,187	0,222	1,43
20		0,255	0,295	0,71
30		0,305	0,345	0,47
60		0,455	0,495	0,24
10	0,05	0,227	0,267	0,91
20		0,310	0,350	0,46
30		0,370	0,410	0,30
60		0,550	0,590	0,15
90		0,660	0,700	0,10
6	0,07	0,247	0,278	0,78
10		0,310	0,350	0,47
20		0,425	0,465	0,23
30		0,505	0,545	0,15
60		0,760	0,800	0,078
135		1,097	1,147	0,034
20	0,10	0,595	0,635	0,11
60		1,067	1,117	0,038

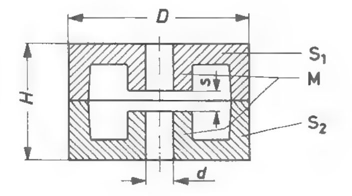


FERROXCUBE-Schalenkerne wurden für die Herstellung von verlustarmen und konstanten Filtern, Spulen und Transformatoren entwickelt. Sie zeichnen sich durch geschlossene Bauform bei geringem Gewicht und kleinem Volumen aus. Die wichtigsten Eigenschaften einer Schalenkernspule mit vorgegebener Selbstinduktion L sind die Güte Q, der Temperaturbeiwert, die zeitliche Konstanz und die Nichtlinearität (Verzerrungen). Besonders die Güte Q ist in weitem Bereich frequenzabhängig.

Das VALVO-Programm enthält zwei Typenreihen: Die P-Reihe (nach DIN 41 293) und die S-Reihe.

Aufbau

Die Schalenkerne werden aus zwei gleichen Schalenkernhälften S_1 und S_2 (siehe Bild) zusammengesetzt. Die Paßflächen sind sorgfältig geschliffen. Durch Verkürzen der Mittelzapfen M kann ein Luftspalt s eingefügt werden. Bei einigen Typen ist der Luftspalt s durch Verkürzen des Zapfens e i n e r Schalenkernhälfte entstanden. Insbesondere ist das der Fall, wenn s kleiner als ca. 0,12 mm ist.



Schalenkerne der P-Reihe

Bei den Kernen der P-Reihe handelt es sich um eine systematisch aufgebaute Reihe von FERROXCUBE-Schalenkernen, die im Hinblick auf die Kernabmessungen magnetisch optimal dimensioniert sind.

Die Kernabmessungen wurden so ausgelegt, daß das bei niedrigen Frequenzen allein wichtige Gleichstrom-Verlustmaß $\frac{R_{Cu}}{L}$ und das Hystereseverlustmaß $\frac{R_{kh}}{L}$ (siehe folgende Seiten) bei vorgegebenem Volumen möglichst klein werden.

Die P-Schalenkerne werden aus den FERROXCUBE-Sorten 3H1, 3B7, 3D3 und 4C4 hergestellt. Diese besonders verlustarmen und stabilen FERROXCUBE-Sorten



ermöglichen bei vorgegebenen Spuleneigenschaften in den meisten Fällen die Verwendung einer kleineren Schalenkerngröße als bei den bisherigen Schalenkernen der S-Reihe und Topfkernen der D-Reihe aus FERROXCUBE 3B2 und 3B3.

Die Schalenkerne der P-Reihe werden in vorabgeglichener Ausführung mit A_L-Werten nach der DIN-Reihe R5 bzw. R10 geliefert. Die Schalenkernhälften ohne Luftspalt sind auch einzeln lieferbar.

Typenübersicht P-Kerne

Abmessungen (s. Bild)	P 11/7	P 14/8	P 18/11	P 22/13	P 26/16	P 30/19	P 36/22	P 42/29
D_{max}	11,3	14,2	18,2	22	26	30,5	36,2	43,1
H_{max}	6,6	8,5	10,7	13,5	16,1	19	22	29,5
d_{min}	2	3	3	4,4	5,4	5,4	5,4	5,4

Typenübersicht S-Kerne

Abmessungen (s. Bild)	S 14/8	S 18/12	S 25/16	S 35/23	S 45/25	S 66/56
D_{max}	14,2	18,3	25,4	35,5	45	67,5
H_{max}	8	12	16	23,2	25	56
d_{min}	2	3	5,1	0	5	0



Eigenschaften von Schalenkernspulen

Die Auswahl der einzelnen FERROXCUBE-Sorten für die verschiedenen Frequenzbereiche kann aus nachstehender Tabelle erfolgen:

Verwendung	Frequenzbereich	FXC-Sorte von Schalenkernen der P-Reihe	der S-Reihe
Filter und Schwingkreisspulen hoher Güte	bis 150 kHz	3H1, 3B7	3B2, 3B5
	bis 600 kHz		3B3
	bis 1,5 MHz	3D3	4B1
	bis 5 MHz	4C4	4C1
	bis 30 MHz		4E1
Pupinspulen und klirrarme Tonfrequenzspulen	bis 20 kHz	3H1	3B5
Transformatoren	bis 2 MHz	3H1	3E1
	bis 40 MHz	4C4	4B1

Induktivitätsfaktor

Die Abhängigkeit der Selbstinduktion L von der Windungszahl N wird durch den Windungsfaktor α oder den Induktivitätsfaktor A_L angegeben.

Es ist

$N = \alpha \sqrt{L}$ (L in mH); α ist also die Zahl der Windungen für 1 mH.

Für A_L gilt

$L = A_L \cdot N^2$; Setzt man L in nH ein, erhält A_L die Dimension nH.

Zwischen α in $mH^{-1/2}$ und A_L in nH besteht die Beziehung

$$A_L = \frac{1}{\alpha^2} 10^6; \qquad \alpha = \frac{10^3}{\sqrt{A_L}}.$$

Bei allen Schalenkernen der P-Reihe und den kleineren Schalenkernen der S-Reihe läßt sich die Induktivität der Schalenkernspule durch einen Schraubabgleich in bestimmten Grenzen variieren.



Die effektive Permeabilität μ_e (Äquivalentpermeabilität)

Die bestimmende Größe für die Eigenschaften der Schalenkernspule aus einer gegebenen FERROXCUBE-Sorte ist die effektive Permeabilität μ_e. Auf μ_e wird die Anfangspermeabilität beim Einfügen eines Luftspaltes in den magnetischen Kreis reduziert (geschert). Die effektive Permeabilität μ_e entspricht der (ungescherten) Permeabilität eines gedachten Kernmaterials, das in einem homogenen magnetischen Kreis den gleichen magnetischen Widerstand ergeben würde.

$$\mu_e = \frac{L \cdot \sum \frac{l}{A}}{\mu_0 \cdot N^2} \quad \text{bzw.} \quad \mu_e = \frac{A_L \cdot \sum \frac{l}{A}}{4\pi}; \qquad (A_L \text{ in nH}).$$

Außer durch einen Luftspalt kann μ_e bei einem gegebenen Kern auch durch eine Gleichstrom-Vormagnetisierung variiert werden.

Die in den Datenblättern angegebenen Werte für μ_e, α und A_L gelten für v o l l g e w i c k e l t e Spulenkörper bei niedrigen Frequenzen (bis 10 kHz).

Für die vorabgeglichenen Ausführungen der Schalenkerne ist der A_L-Wert bzw. μ_e mit einer Toleranz angegeben. Bei den nicht vorabgeglichenen Schalenkernen der S-Reihe ist der Luftspalt die Bezugsgröße und die Angabe μ_e nur als Richtwert aufzufassen.

Schalenkerne der P-Reihe mit Luftspalt werden nach A_L-Werten der R5-Reihe abgestuft. Die A_L-Werte sind in nH angegeben. In der folgenden Tabelle und auf den einzelnen Datenblättern sind die A_L-Werte der lieferbaren Kerne aufgeführt. Nicht angegebene A_L-Werte sind nur bei Abnahme großer Mengen möglich. Die Tabelle enthält die Richtwerte der effektiven Permeabilität μ_e.

Die zulässige Toleranz der A_L-Werte ist auf den einzelnen Datenblättern angegeben. Sie gilt, ebenso wie der angegebene A_L-Wert selbst, nur für v o l l g e w i c k e l t e Spulen.

Effektive Permeabilität μ_e für P-Schalenkerne

A_L (nH)	P 11/7	P 14/8	P 18/11	P 22/13	P 26/16	P 30/19	P 36/22	P 42/29
40	31	25	-	-	-	-	-	-
63	48	40	30	25	-	-	-	-
100	76	63	48	40	32	-	-	-
160	122	101	76	63	51	-	-	-
250	190	157	119	99	80	66	53	-
(315)	-	198	150	-	-	-	-	-
400	-	-	191	158	128	105	84	81
630	-	-	-	249	202	166	132	130
1000	-	-	-	-	-	263	210	250
1600	-	-	-	-	-	-	337	325
1950+)	1480	-	-	-	-	-	-	-
2200+)	-	1400	-	-	-	-	-	-
3670+)	-	-	1750	-	-	-	-	-
4700+)	-	-	-	1840	-	-	-	-
6300+)	-	-	-	-	1910	-	-	-
7550+)	-	-	-	-	-	1990	-	-
9600+)	-	-	-	-	-	-	2030	-
10400+)	-	-	-	-	-	-	-	2100

Die Güte Q

Näherungsweise gilt $\tan \delta_k/\mu_i = \tan \delta'_k/\mu_e$. $\tan \delta_k$ ist der Verlustfaktor eines Kernes ohne Luftspalt und $\tan \delta'_k$ der eines Kernes mit Luftspalt. Bei einem Schalenkern mit Luftspalt nehmen die Kernverluste mit kleiner werdendem μ_e ab. Gleichzeitig nehmen die Kupferverluste zu, weil mehr Windungen erforderlich sind. Die Gesamtverluste werden am kleinsten, wenn die Kupferverluste gleich sind der Summe aus Kernverlusten und kapazitiven Verlusten. In Bild 2 ist die Frequenzabhängigkeit des Gesamtverlustwinkels $\tan \delta$ und der verschiedenen Anteile für einen bestimmten Kern als Beispiel dargestellt.

Anstatt des $\tan \delta$ benutzt man bei Spulen oft den Reziprokwert

$$Q = \frac{1}{\tan \delta} = \frac{\omega L}{R_v}$$

R_v ist der Reihen-Ersatzwiderstand, in dem alle Verluste in Kern und Wicklung zusammengefaßt werden.

+) Schalenkerne ohne Luftspalt aus FXC 3H1 (3B7)



Für die Ermittlung der Verlustanteile von Spulen rechnet man zweckmäßig mit den Verlustmaßen. Das Gesamtverlustmaß einer Spule ist

$$\frac{R_v}{L} = \underbrace{\frac{R_{Cu}}{L} + \frac{R_w}{L} + \frac{R_{cap}}{L}}_{\text{Wicklung}} + \underbrace{\frac{R_{kr}}{L} + \frac{R_{kh}}{L} + \frac{R_{kw}}{L}}_{\text{Kern}} + \underbrace{\frac{R_J}{L}}_{\text{Halterung}} \quad \left[\frac{\Omega}{H}\right] .$$

$\frac{R_{Cu}}{L}$ bezeichnet die Gleichstrom-Kupfer-Verluste, $\frac{R_w}{L}$ die Wirbelstrom-Verluste und $\frac{R_{cap}}{L}$ die dielektrischen Verluste der Wicklung. Die Kern-Verlustmaße sind $\frac{R_{kr}}{L}$ für die Rest-Verluste, $\frac{R_{kh}}{L}$ für die Hysterese-Verluste und $\frac{R_{kw}}{L}$ für die Wirbelstrom-Verluste. Das Verlustmaß $\frac{R_J}{L}$ enthält die zusätzlichen Verluste, die beim Einbau in eine Halterung entstehen (Parallelverluste). Bei niedrigen Frequenzen bis in die Nähe von 100 kHz überwiegen die Kupfer-Verluste.

Das Gleichstromverlustmaß ergibt sich zu

$$\frac{R_{Cu}}{L} = \frac{1}{\mu_0 \cdot \mu_e} \cdot \frac{l_W}{W} \cdot \frac{\rho_{Cu}}{f_{Cu}} \cdot \sum\frac{l}{A} \qquad \left[\frac{\Omega}{H}\right] .$$

Die mittlere Windungslänge l_W, der Wickelquerschnitt W und die Kernkonstante $\sum\frac{l}{A}$ sind ebenso wie die Berechnungshinweise für den Kupferfüllfaktor f_{Cu} auf den Datenblättern angegeben. ρ_{Cu} ist mit $1{,}74 \cdot 10^{-6}$ ($\Omega \cdot$cm) einzusetzen.

Bei Verwendung des Widerstandsfaktors A_R erhält man

$$\frac{R_{Cu}}{L} = \frac{A_R}{A_L} \qquad \text{mit} \qquad A_R = \frac{l_W \cdot \rho_{Cu}}{W \cdot f_{Cu}} \quad ;$$

A_R hängt also nur von den Daten der Wicklung ab. Der A_R-Wert ist auf den Datenblättern der Schalenkerne angegeben und stets auf $f_{Cu} = 0{,}5$ bezogen. Die genauere Ermittlung des wirklichen Kupferfüllfaktors ist aus den bei jedem Schalenkerntyp angegebenen Diagrammen möglich. Dann läßt sich der wirksame Widerstandsfaktor A_R' ermitteln aus

$$A_R' = A_R \cdot \frac{0{,}5}{f_{Cu}} \quad .$$

Für die üblichen Schalenkerne liegt f_{Cu} bei Verwendung von Volldraht zwischen 0,45 bis 0,7 und bei Verwendung von isolierter HF-Litze zwischen 0,2 bis 0,4 bezogen auf vollgewickelten 1-Kammer-Spulenkörper.

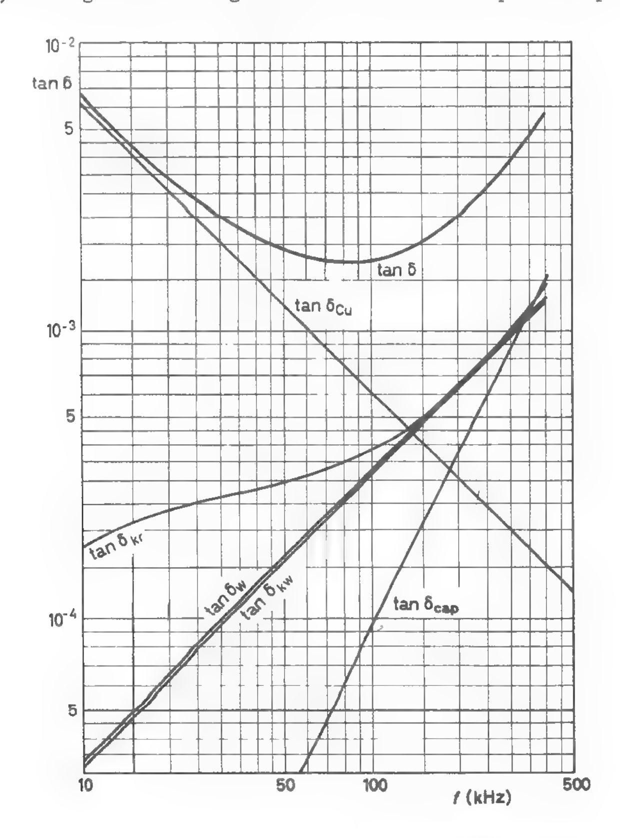


Bild 2

Frequenzabhängigkeit des Gesamtverlustwinkels tan δ und der Verlustwinkelanteile einer FERROXCUBE-Spule (Beispiel: Topfkern D 36/22)

$L = 0{,}7$ mH $\mu_e = 35$
59 Wdgn. HF-Litze 63 x 0,07
FXC 3B2

Verlustwinkelanteile:

$\tan \delta_{Cu}$ = Kupferverluste
$\tan \delta_{w}$ = Wirbelstromverluste
$\tan \delta_{cap}$ = dielektrische Verluste
$\tan \delta_{kr}$ = Restverluste im Kern mit Luftspalt
$\tan \delta_{kw}$ = Wirbelstromverluste im Kern



Die Wirbelstromverluste lassen sich günstig beeinflussen durch Verwendung geeigneter HF-Litze. Mit steigender Frequenz wähle man kleinere Drahtstärken.

Wie aus Bild 2 ersichtlich, steigen über 100 kHz neben den Wirbelstromverlusten die dielektrischen Verluste schnell an. Sie werden verursacht durch den Verlustwinkel der Eigenkapazität. Die Eigenkapazität einer FERROXCUBE-Schalenkernspule liegt zwischen 5 und 40 pF. Man kann die dielektrischen Verluste klein halten durch gute Drahtisolation und kapazitätsarme Wicklung. Letzteres erreicht man durch Kreuzwicklung, Kammerwicklung und Verwendung dicker Isolation (2x mit Naturseide umsponnen oder Kunststoff-Zwischenlagen).

Von den Kernverlusten überwiegen bei kleinen Feldstärken meistens die Restverluste. Mit dem in der Werkstofftabelle oder in den Kurven angegebenen Wert $\frac{\tan\delta}{\mu_i}$ ergibt sich das Restverlustmaß zu

$$\frac{R_{kr}}{L} = \omega \cdot \mu_e \cdot \frac{\tan\delta}{\mu_i} \quad ^{x)} \qquad \left[\frac{\Omega}{H}\right] .$$

Bei nicht sehr kleinen Spulenströmen werden auch die in Bild 2 vernachlässigten Hystereseverluste stärker in das Gesamtverlustmaß eingehen. Sie lassen sich ebenso wie die Gleichstrom- und Restverluste auf einfache Weise mit ausreichender Genauigkeit errechnen. Das Hystereseverlustmaß ist

$$\frac{R_{kh}}{L} = q_{2(24-100)} \cdot I \cdot \frac{f}{800} \cdot \sqrt{\left(\frac{\mu_e}{100}\right)^3 \cdot L \cdot \frac{24}{V_e}} \qquad \left[\frac{\Omega}{H}\right] .$$

Infolge der Definition des in der Werkstofftabelle angegebenen Hysteresefaktors sind in die obige Gleichung I in mA, f in Hz, L in H und V_e in cm^3 einzusetzen. Das Hysteresevolumen V_e ist auf den jeweiligen Datenblättern angegeben.

---

x) Im Kernverlustfaktor $\frac{\tan\delta}{\mu_i}$ ist auch ein vom spezifischen Widerstand der FERROXCUBE-Sorte und den Probenabmessungen abhängiger geringer Anteil Wirbelstromverluste enthalten.



Der in den Datenblättern angegebene mittlere magnetische Querschnitt A_e dient zur Berechnung der Induktion im Schalenkern

$$\hat{B} = \frac{U}{4{,}44 \cdot N \cdot f \cdot A_e} \qquad \left[\frac{Vs}{cm^2}\right]$$

Die mittlere Feldstärke im Schalenkern läßt sich angenähert aus der Formel

$$\hat{H} = \frac{I \cdot N \cdot \sqrt{2}}{l_e} \qquad \left[\frac{A}{cm}\right]$$

ermitteln.

Die aus dem Hysteresevolumen ermittelte mittlere magnetische Weglänge l_e ist in den Datenblättern aufgeführt.

Der Temperaturbeiwert TK_L einer Schalenkernspule

In der Werkstofftabelle ist für jede FERROXCUBE-Sorte der relative Temperaturbeiwert TK_{rel} angegeben. TK_{rel} ist eine Materialkonstante und auf $\mu_i = 1$ bezogen. Der Temperaturbeiwert der Selbstinduktion L einer Schalenkernspule hängt praktisch nicht von dem Temperaturverhalten der Wicklung ab, da μ_e allgemein größer als 30 ist. TK_L kann also gleich $TK\mu_e$ gesetzt werden.

$$TK_L = \mu_e \cdot TK_{rel}$$

Die zeitliche Konstanz

Die zeitliche Konstanz der Induktivität einer Schalenkernspule hängt von μ_e und der Desakkommodation des FERROXCUBE-Materials ab (siehe auch ALLGEMEINES, Abschnitt Desakkommodation). In der Werkstofftabelle ist die Desakkomodation DA_{rel} für diejenigen FERROXCUBE-Sorten angegeben, für die ein oberer Grenzwert garantiert wird.



DA_{rel} ist die auf $\mu_i = 1$ bezogene relative Desakkommodation (Alterung) für eine Zeitdekade.

$$DA_{rel} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1^2 \cdot \lg \frac{t_2}{t_1}}$$

μ_1 = Anfangspermeabilität gemessen im Zeitpunkt t_1 (in Sekunden) nach vollständiger Entmagnetisierung.

μ_2 = Anfangspermeabilität gemessen im Zeitpunkt t_2 (in Sekunden) nach vollständiger Entmagnetisierung.

Da die Abnahme der Permeabilität mit der Zeit weitgehend logarithmisch verläuft, gilt die Formel angenähert für beliebig gewählte Zeitpunkte t_1 und t_2.

Die maximale zeitliche Inkonstanz einer Spule pro Zeitdekade ist also

$$\frac{\Delta L}{L_1} = DA_{rel} \cdot \mu_e \quad .$$

Die Nichtlinearität

Wegen der nichtlinearen Beziehungen zwischen der Induktion und der Feldstärke treten - außer bei sehr kleinen Feldstärken - Verzerrungen der induzierten Spannung gegenüber der Feldstärke auf. Diese Verzerrungen sind rechnerisch schwer zu ermitteln. Lediglich in dem Gebiet, in dem FERROXCUBE annähernd dem Rayleigh-Gesetz folgt (bis ca. $40 \cdot 10^{-8}$ Vs/cm^2), lassen sich Richtwerte für die Verzerrungen der Spulenspannung angeben. Da die Verzerrungen sich weitgehend in Form der 3. Oberschwingung der Spulenspannung auswirken, genügt es in den meisten Fällen, den Anteil der 3. Oberschwingung E_3 bezogen auf die Grundschwingung E_1 zu kennen.

$$\frac{E_3}{E_1} = \frac{3}{5} \tan \delta_{kh}$$

E_3 und E_1 sind die in einer Spule induzierten Spannungen bei sinusförmig vorausgesetztem Spulenstrom, $\tan \delta_{kh}$ ist der Hystereseverlustfaktor.



Induktivitätsabgleich

Die genaue Einstellung der Spuleninduktivität erfolgt bei Schalenkernen mittels Schraubabgleich. Die angegebenen Abgleichkurven sind Mittelwerte. Eisenfreie Abgleichschlüssel stellen wir auf Wunsch zur Verfügung.

P-Schalenkerne Zubehörteile und Spulenmontage

Bei allen Schalenkernen der P-Reihe ist der Schraubabgleich von der Halterung abhängig. Die P-Schalenkerne können, je nach Einsetzen in die Halterung, von oben oder unten abgeglichen werden. Zu den einzelnen A_L-Werten der P-Schalenkerne sind jeweils verschiedene, farbig gekennzeichnete Abgleichstifte zu verwenden. Sie bewirken stets einen Abgleichbereich zwischen ca. 8 und 14 %. Die Gewindenippel für die Abgleichstifte werden in das Mittelloch der P-Schalenkerne eingeklebt. Wir liefern P-Schalenkerne mit eingeklebtem Gewindenippel, wenn die für jeden A_L-Wert angegebene Typ-Nr. mit dem Zusatz .../01 versehen wird, z.B. K3 007 03/01. Schalenkerne ohne Luftspalt liefern wir stets ohne Gewindenippel.

Für jeden Schalenkern mit Luftspalt sind in den Datenblättern die Abgleichkurven angegeben. Für größere oder kleinere Abgleichbereiche können auch die Abgleichstifte eines höheren oder kleineren A_L-Wertes benutzt werden.

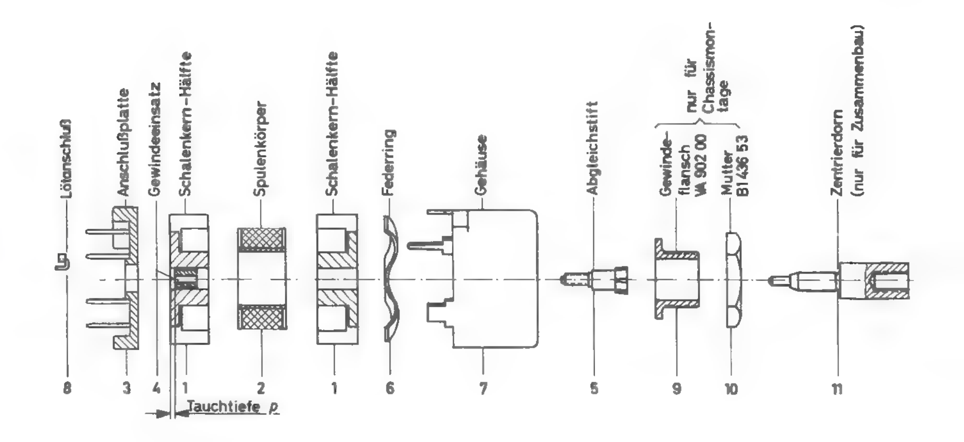
Bei den Schalenkernen P 30/19 und größer liegen Schalenkernboden und Unterseite Gewindeeinsatz nicht immer in gleicher Höhe. Die Tauchtiefe p, d.h. Abstand der Unterseite des Nippels zum Schalenkernboden, ist bei den Abgleichkurven angegeben, wenn die Tauchtiefe p von Null abweicht.

Halterungen

Die Halterungen der P-Schalenkerne sind weitgehend einheitlich ausgelegt. Die Halterungen für P 18/11 und größer sind sowohl für den Einsatz in gedruckter Schaltung als auch in konventioneller Verdrahtung verwendbar. Die Zubehörteile eines P-Schalenkernes sind in der folgenden Skizze dargestellt.

Der Federring (Teil 6) ist in jedem Fall unten in das Gehäuse einzulegen. Die Federkonstante ist so gewählt, daß die Schalenkerne in der Halterung dem auf den Datenblättern angegebenen Meßdruck ausgesetzt sind. Nach Ein-

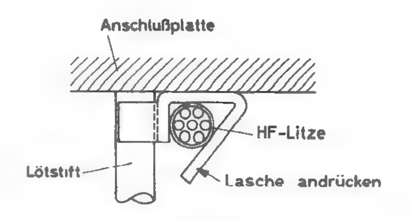




Zusammenstellung aller Zubehörteile (Beispiel P 18/11)

legen des Schalenkernes mit Spule ist beim Aufsetzen der Anschlußplatte (Teil 3) darauf zu achten, daß nach Umbiegen der drei Gehäuselaschen die Platte fest auf dem oberen Rand des Gehäuses (Teil 7) aufliegt. Wir empfehlen die Verwendung von speziellen Werkzeugen, zu denen wir auf Wunsch Zeichnungen zur Verfügung stellen.

Das Verlöten der Spulenanschlüsse an die Lötstifte der Anschlußplatten kann durch aufgeschobene Lötklemmen (Teil 8) bei Verwendung von HF-Litze sehr erleichtert werden. Die Lötklemmen werden auf die Lötstifte geschoben. Nach Einlegen der Spulenzuleitung wird die Lasche gemäß nebenstehendem Bild angedrückt. Auf diese Weise ist das gleichzeitige Anlöten aller Spulenanschlüsse an die Stifte der Anschlußplatten im Tauchlötverfahren möglich. Das Material der Anschlußplatten



Lötanschluß B1 431 53

ist weitgehend tauchlötfest. Zu beachten ist, daß die Verzinnung an den Lötstiften nicht über die Oberkante der Anschlußplatte hinausragt. Die Lötklemmen B1 431 53 werden nur bei besonderer Bestellung mitgeliefert.

Bei konventioneller Verdrahtungstechnik wird vor dem Einsetzen des Schalenkernes ein M8-Gewindeflansch (Teil 9) in den Boden des Gehäuses eingelegt. Mit der Sechskantmutter (Teil 10) ist auf diese Weise eine Einlochmontage in der Chassisplatte möglich.

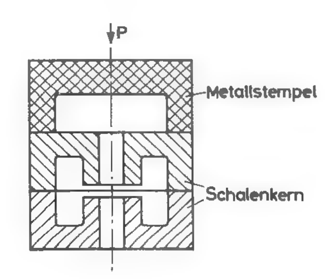
Die Schalenkerne P 11/7 und P 14/8 eignen sich nur für gedruckte Leiterplatten. Zu P 14/8 ist auch ein Gehäuse für Zentrierbefestigung lieferbar.

Für die Montage der Schalenkerne sind Zentrierdorne (Teil 11) zweckmäßig, die auch bei dem Imprägnieren der Schalenkernspulen verwendet werden. Sie müssen kurz vor dem Erstarren des Imprägniermittels aus dem Kern gezogen werden.

Zur Erhöhung der Spulenstabilität empfehlen wir, den bewickelten Spulenkörper auf den Kammerboden einer Schalenkernhälfte festzukleben. Diese Klebung kann bei den Makrolon-Spulenkörpern mit Bostik A4 oder mit Araldit D erfolgen.

Bei den P-Schalenkernen ist unsere Halterung so dimensioniert, daß ein Verkleben der Schalenkernhälften im allgemeinen nicht erforderlich ist. Nur bei hohen Forderungen für die Konstanz und Verwendung in stoßbeanspruchten Geräten ist eine Verklebung der Kernhälften angebracht.

Bei allen Messungen an Schalenkernen sind die beiden Hälften gut zentriert aufeinanderzudrücken. Dieser Druck ist gemäß nebenstehendem Bild ringförmig aufzubringen. Der empfohlene Meßdruck ist auf den einzelnen Datenblättern angegeben.





Die Schalenkerne der S-Reihe werden nach und nach durch Schalenkerne der P-Reihe ersetzt, jedoch bleiben die Schalenkerne der S-Reihe noch für einige Jahre lieferbar.

Übersicht über FERROXCUBE-Schalen- und Topfkerne:

Kerntyp	Werkstoff	A_L-Wert (nH) ohne Luftspalt	A_L-Wert (nH) mit Luftspalt	Bemerkungen
P-Reihe				
P 11/7	3H1	1950	250; 160; 100	
	3B7	1950		
	3D3		63; 40	
	4C4		40; 25	
P 14/8	3H1	2200	315; 250; 160; 100	
	3B7	2200	315; 250; 160	
	3D3		63; 40	
	4C4		40; 25	
P 18/11	3H1	3670	400; 315; 250; 160	
	3B7	3670		
	3D3		100; 63	
	4C4		40; 25	
P 22/13	3H1	4700	630; 400; 250; 160	
	3B7	4700		
	3D3		100; 63	
	4C4		63; 40	
P 26/16	3H1	6300	600; 400; 250	
	3B7	6300		
	3D3		160; 100	
	4C4		100; 63	
P 30/19	3H1	7550	1000; 630; 400; 250	
	3B7	7550		
P 36/22	3H1	9600	1600; 1000; 630; 400; 250	
	3B7	9600		
P 42/29	3H1	10400	1600; 1000; 630; 400;	

Die Kerntypen P 11/7 bis P 26/16 sind auch aus FXC 4C4 in jeweils 2 niedrigen A_L-Werten lieferbar.

Kerntyp	Werkstoff	A_L-Wert (nH) ohne Luftspalt	A_L-Wert (nH) mit Luftspalt	Bemerkungen
S-Reihe				
S 14/8	3B2 3E1 4B1 4C1 4E1	1070 2200 426 240 37	138; 89; 66,7; 55 75; 60; 50	
S 18/12	3B2 3B3 3E1	1370 2700	160; 108 78; 49,6	
S 23/17	3B5 3E1	3700 5300	400; 250; 160	
S 25/16	3B2 3B3 3E1	2400 4950	417; 278; 223 166,5;	
S 35/23	3B5 3E1	6400 10600	977; 595; 473	
S 45/25	3B5	7750	918	
S 66/56	3E1	18500	3000	
D-Reihe				
D 25/12	3B2 3B3		495; 238; 152 88,5	
D 25/16	3B2 3B3		356; 260; 193; 108,5 62,4	
D 36/22 N	3B2 3B3		693; 453; 370 204; 90,7	
D 45/39	3B5			
D 60/42	3B5			

P-Schalenkerne
Übersicht



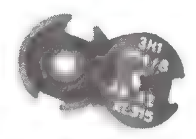




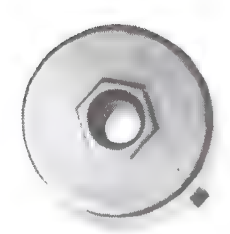






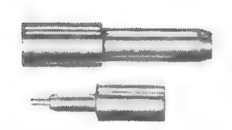


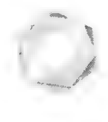


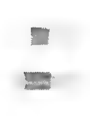




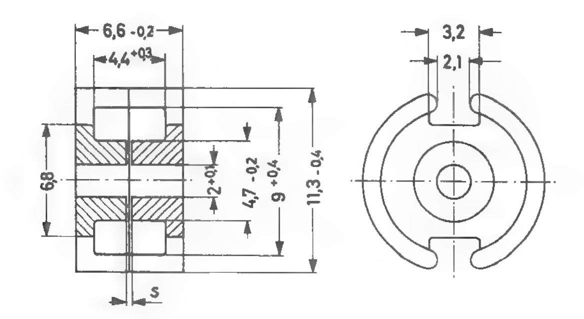












Der Schalenkern P 11/7 entspricht etwa DIN 41 293,
(Abweichung: Durchmesser der Innenbohrung $2{,}0^{+0{,}1}$ anstatt $1{,}8^{+0{,}2}$)

Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	Ausführung	A_L-Wert (nH)	FXC Sorte	μ_e Richtwert	Abgleichstift Typ	Abgleichstift Kennfarbe
K3 003 00	P 11/7-3H1-o.L.	1950±25%	3H1	1480	in Vorbereitung	in Vorbereitung
K3 006 13	P 11/7-3H1-AL 250	250±5 %	3H1	190		
K3 006 12	P 11/7-3H1-AL 160	160±3 %	3H1	122		
K3 006 11	P 11/7-3H1-AL 100	100±3 %	3H1	76		
K3 006 32	P 11/7-3D3-AL 63	63±2 %	3D3	48		
K3 006 31	P 11/7-3D3-AL 40	40±2 %	3D3	31		
K3 006 39	P 11/7-4C4-AL 40	40±2 %	4C4	31		
K3 006 38	P 11/7-4C4-AL 25	25±2 %	4C4	19		

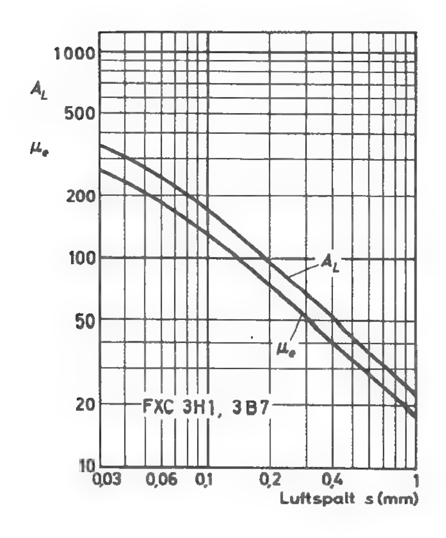
Schalenkernhälften ohne Luftspalt

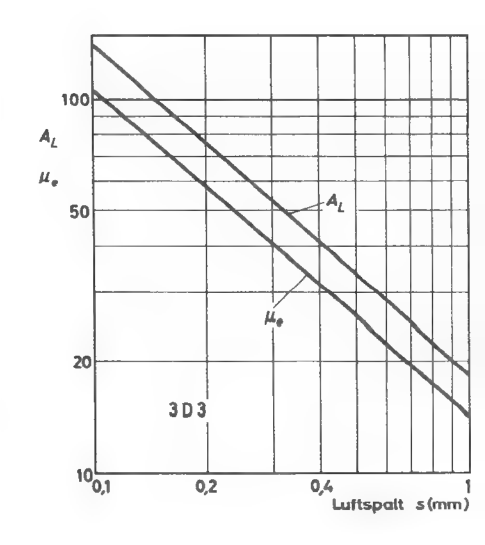
Typ	FXC-Sorte
K5 352 16	3H1
K5 352 15	3B7 (auf Anfrage)
K5 352 17	3D3
K5 352 19	4C4

Die für Kerne aus FXC 3H1 angegebenen A_L-Werte und Abgleichstifte gelten auch für Schalenkerne aus FXC 3B7



Magn. Formkonstante	$\sum \frac{l}{A} = 9{,}56\ \text{cm}^{-1}$
Hysteresevolumen	$V_e = 0{,}25\ \text{cm}^3$
Mittl. magn. Weglänge	$l_e = 1{,}55\ \text{cm}$
Mittl. Kernquerschnitt	$A_e = 0{,}16\ \text{cm}^2$
Gleichstromverlustmaß (mit 1-Kammer-Spulenkörper)	$\frac{R_{Cu}}{L} = \frac{87 \cdot 10^3}{f_{Cu} \cdot A_L}\ \frac{\Omega}{H}$ wenn $[A_L]$ in nH
Meßdruck	3 kg
Gewicht (pro Satz)	1,8 g





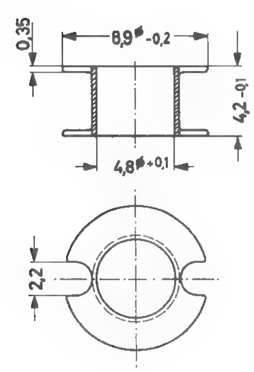
μ_e und A_L (in nH) in Abhängigkeit vom Luftspalt s



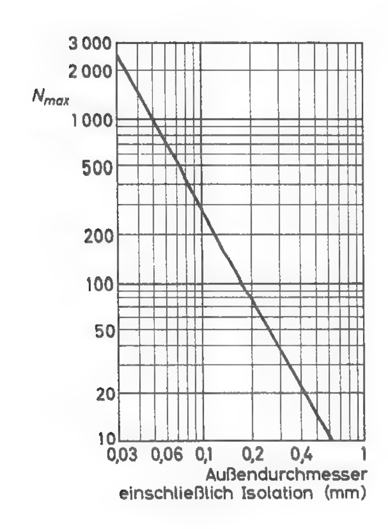


P-Schalenkern P 11/7
Wickeldaten

Spulenkörper (nach DIN 41 294)
P5 055 71 1 Kammer



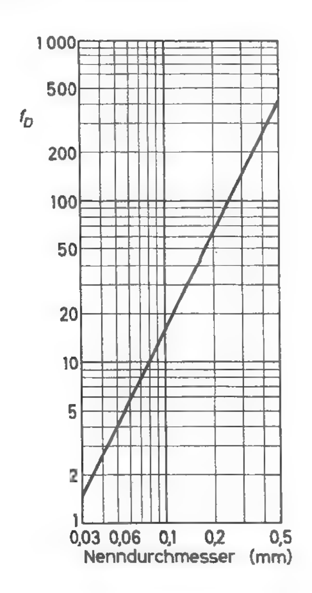
Werkstoff	Makrolon S
Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	0,048 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	2,3 cm
Widerstandsfaktor A_R	$184 \cdot 10^{-6}$ Ω

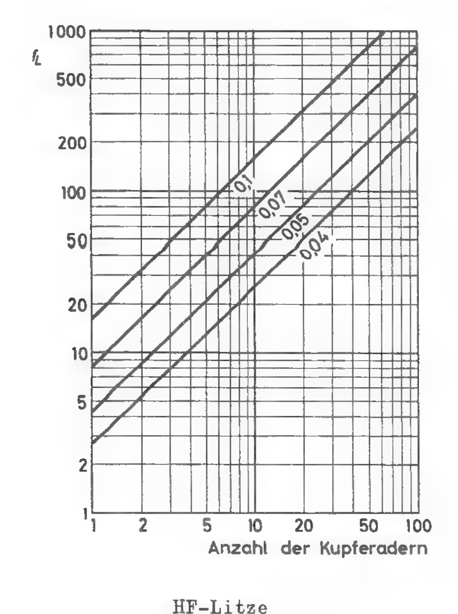


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers



Kupferfüllfaktor f_{Cu}





Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

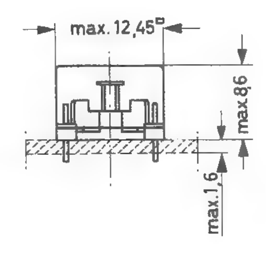
Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
siehe Allgemeines, Drahttabelle

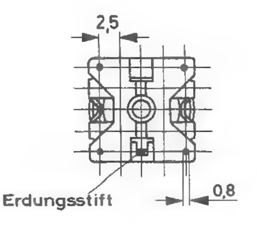
HF-Litze

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

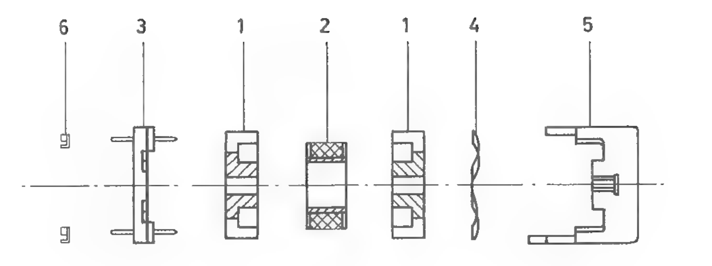
Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation,
siehe Allgemeines, Drahttabelle

Halterung







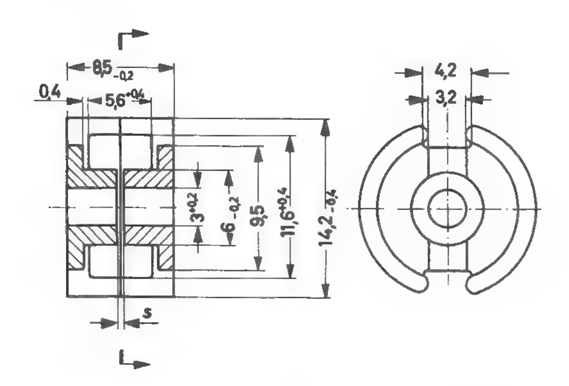


Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FERROXCUBE	Typ angeben
2	P5 055 71	Spulenkörper	Makrolon S	1 Kammer
3	4322 021 30180	Anschlußplatte	Preßstoff	4 Anschlüsse
4	B1 480 31	Federring	Federstahl	rostfrei
5	B1 410 46	Gehäuse	Ms, vernickelt	
6	B1 431 53+)	Lötanschluß	Ms, verzinnt	

+) wird nur bei besonderer Bestellung mitgeliefert





Der Schalenkern P 14/8 entspricht DIN 41 293

Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	Ausführung	A_L-Wert (nH)	FXC Sorte	μ_e	Luftspalt s(mm)	Abgleichstift Typ	Abgleichstift Kennfarbe	$\frac{\Delta L_{max}}{L}$ (%)
				Richtwerte				
K3 002 10	P 14/8-3H1-o.L.	2200±25 %	3H1	1400	0			
K3 005 54	P 14/8-3H1-AL315	315 ±5 %	3H1	198	0,08	P5 057 38	grau	11-14
K3 005 53	P 14/8-3H1-AL250	250 ±3 %	3H1	157	0,1	P5 056 94	braun	8-12
K3 005 52	P 14/8-3H1-AL160	160 ±3 %	3H1	101	0,18	P5 056 59	weiß	8-12
K3 005 51	P 14/8-3H1-AL100	100 ±2 %	3H1	63	0,3	P5 056 58	gelb	10-14
K3 005 72	P 14/8-3D3-AL 63	63 ±2 %	3D3	40	0,6	P5 056 03	rot	9-13
K3 005 71	P 14/8-3D3-AL 40	40 ±2 %	3D3	25	1,0	P5 056 04	grün	9-13
K3 005 78	P 14/8-4C4-AL 40	40 ±2 %	4C4	25		P5 056 04	grün	
K3 005 77	P 14/8-4C4-AL 25	25 ±2 %	4C4	16		P5 056 04	grün	

Schalenkernhälften ohne Luftspalt

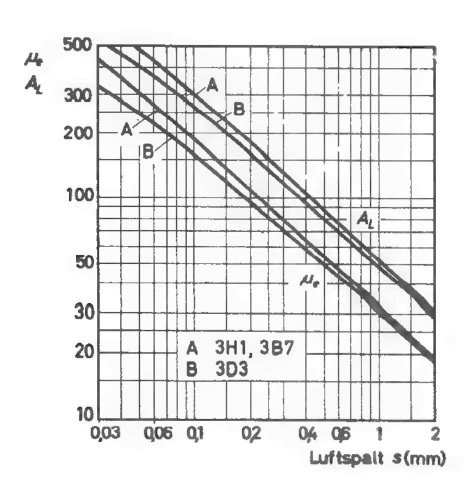
Typ	FXC-Sorte
K5 351 82	3H1
K5 351 87	3H1 (Sondertoleranz)
K5 351 80	3D3
K5 351 81	3B7 (auf Anfrage)
K5 351 84	4C4

Schalenkerne mit Luftspalt werden mit eingeklebtem Gewindeeinsatz (Teil 4) geliefert, wenn die Typ-Nr. mit Anhang /01 versehen ist, z.B. K3 005 53/01





Magn. Formkonstante	$\sum \frac{l}{A} = 7{,}89\ \text{cm}^{-1}$
Hysteresevolumen	$V_e = 0{,}49\ \text{cm}^3$
Mittl. magn. Weglänge	$l_e = 2{,}0\ \text{cm}$
Mittl. Kernquerschnitt	$A_e = 0{,}25\ \text{cm}^2$
Gleichstromverlustmaß (mit 1-Kammer-Spulenkörper)	$\frac{R_{Cu}}{L} = \frac{57 \cdot 10^3}{f_{Cu} \cdot A_L}\ \frac{\Omega}{H}$ wenn $[A_L]$ in nH
Meßdruck	6 kg
Gewicht (pro Satz)	3,2 g

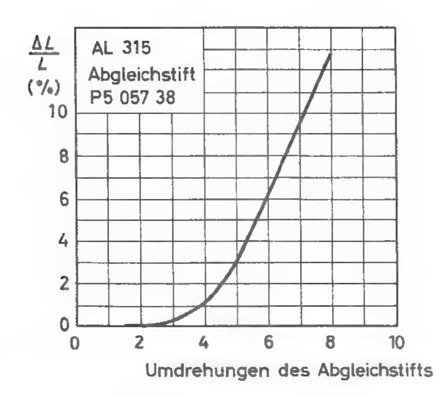


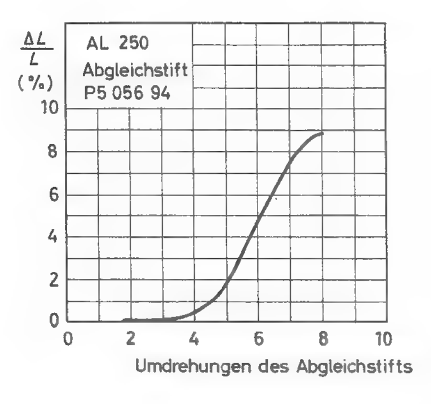
μ_e und A_L (in nH) in Abhängigkeit vom Luftspalt s

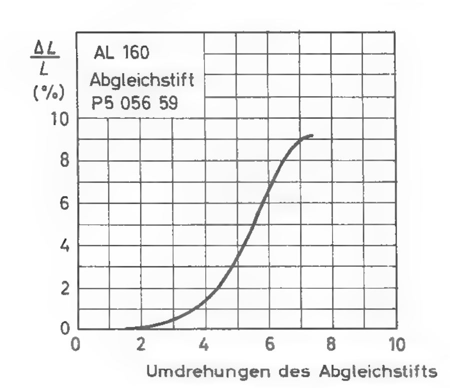
P-Schalenkern P 14/8

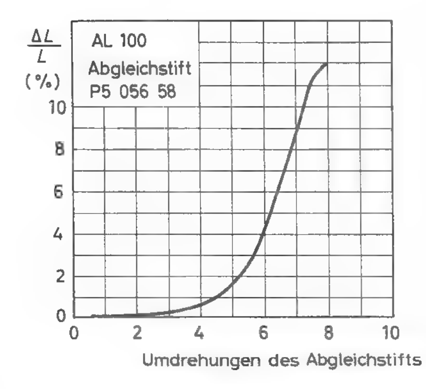
magnetische Daten

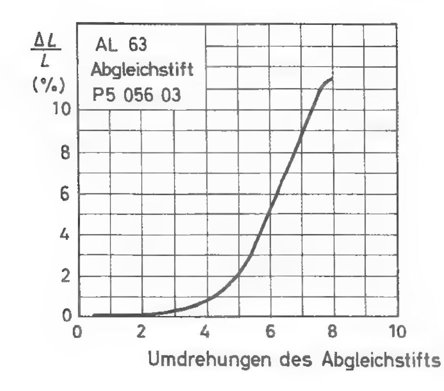


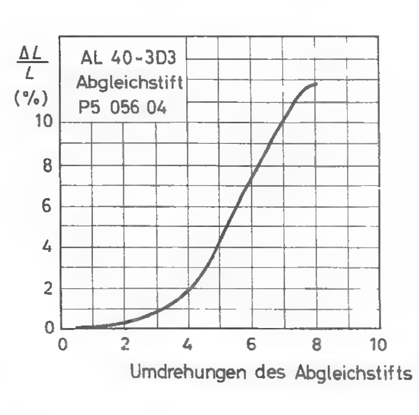












Abgleichbereiche mit den angegebenen Abgleichstiften



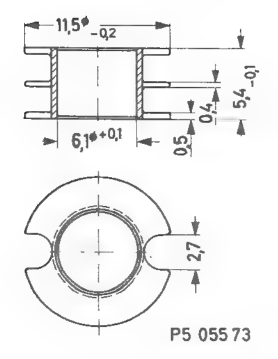


P-Schalenkern P14/8
Wickeldaten

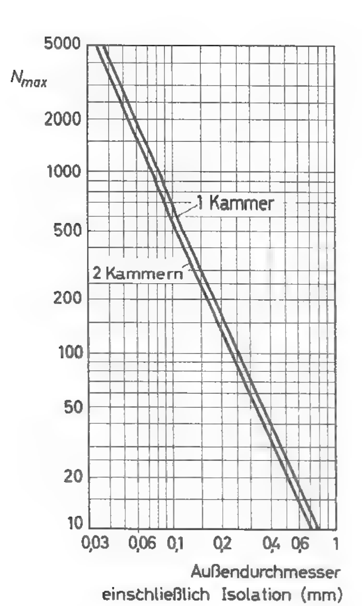
Spulenkörper (nach DIN 41 294)

P5 055 72   1 Kammer

P5 055 73   2 Kammern



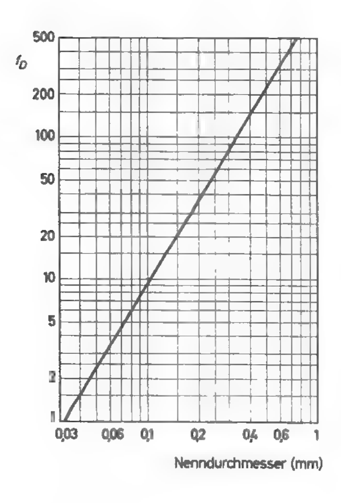
Werkstoff	Makrolon S
Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	0,087 cm^2, 1 K.
	2x 0,04 cm^2, 2 K.
Mittl. Windungslänge l_W	2,85 cm
Widerstandsfaktor A_R	$124 \cdot 10^{-6}$ Ω

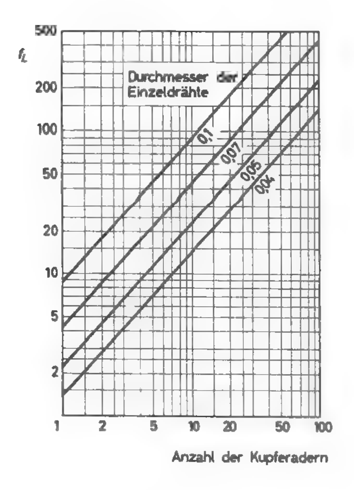


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers



Kupferfüllfaktor f_{Cu}





Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

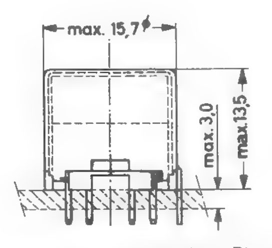
Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation", siehe Allgemeines, Drahttabelle

HF-Litze

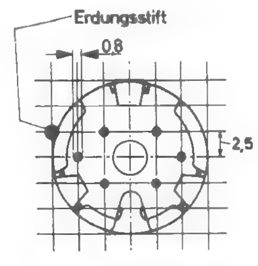
$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation", siehe Allgemeines, Drahttabelle

Halterung

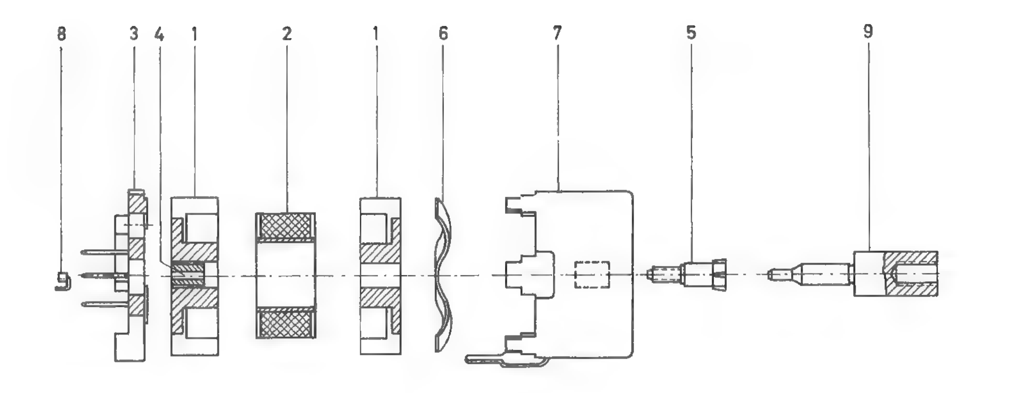


Montage auf gedruckter Platte



Lage der Anschlüsse





Zusammenstellung aller Zubehörteile

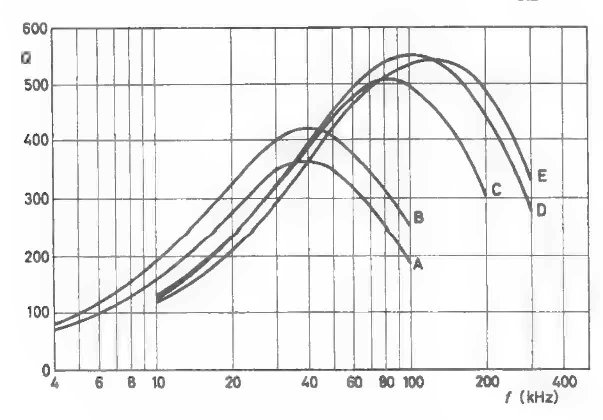
Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FERROXCUBE	Typ angeben
2	P5 055 72	Spulenkörper	Makrolon S	1 Kammer, P5 055 73: 2 Kammern
3	P4 057 25	Anschlußplatte	Preßstoff	6 Anschlüsse
4	P5 055 99	Gewindeeinsatz	Makrolon S	eingeklebt, wenn bestellt
5	s. Kerntypen	Abgleichstift	Rilsan	
6	B1 480 21	Federring	Federstahl	rostfrei
7	B1 410 47	Gehäuse	Ms, vernickelt	
8	B1 431 53+)	Lötanschluß	Ms, verzinnt	
9	VA 902 06+)	Zentrierdorn		nur für Montage; immer wieder verwendbar

+) wird nur bei besonderer Bestellung mitgeliefert

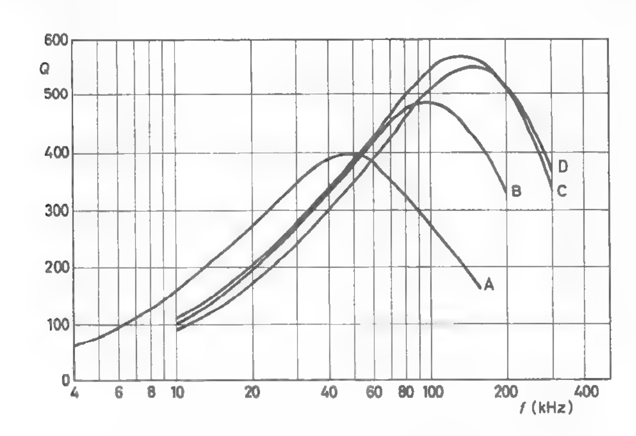


Gütekurven

Die nachfolgenden Gütekurven wurden an Schalenkernspulen in geerdetem Gehäuse gemessen. Induktion im Kern: $\hat{B}$ ca. $10 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$

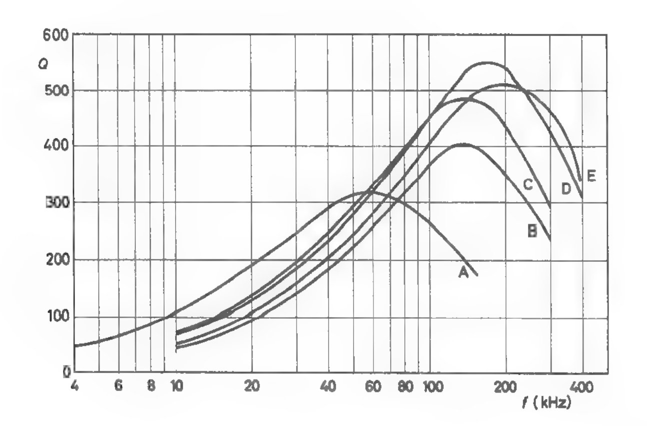


	A:	L = 55,6 mH, 420 Wdgn.	0,12 CuL
A_L 315	B:	L = 33,4 mH, 323 Wdgn.	0,15 CuL
3H1, 3B7	C:	L = 4,44 mH, 118 Wdgn.	24 x 0,04 CuL
	D:	L = 1,18 mH, 61 Wdgn.	45 x 0,04 CuL
1 Kammer	E:	L = 1,14 mH, 60 Wdgn.	45 x 0,04 CuLS

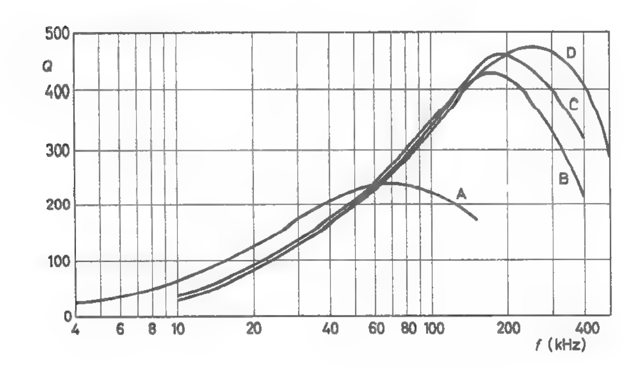


	A:	L = 26,2 mH, 323 Wdgn.	0,15 CuL
A_L 250	B:	L = 3,54 mH, 118 Wdgn.	24 x 0,04 CuL
3H1, 3B7	C:	L = 0,94 mH, 61 Wdgn.	45 x 0,04 CuL
1 Kammer	D:	L = 0,44 mH, 42 Wdgn.	64 x 0,04 CuL





	A:	L = 16,9	mH,	323 Wdgn.	0,15 CuL
A_L 160	B:	L = 6,96	mH,	207 Wdgn.	10 x 0,04 CuLS
3H1, 3B7	C:	L = 2,27	mH,	118 Wdgn.	24 x 0,04 CuL
	D:	L = 0,60	mH,	61 Wdgn.	45 x 0,04 CuL
1 Kammer	E:	L = 0,28	mH,	42 Wdgn.	64 x 0,04 CuL

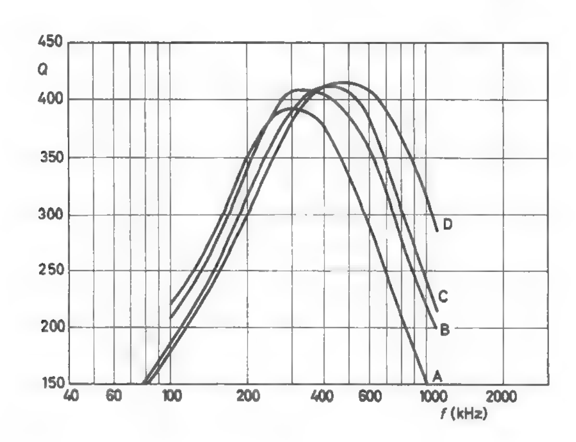


	A:	L = 10,6	mH,	323 Wdgn.	0,15 CuL
A_L 100	B:	L = 1,41	mH,	118 Wdgn.	24 x 0,04 CuL
3H1, 3B7	C:	L = 0,37	mH,	61 Wdgn.	45 x 0,04 CuL
1 Kammer	D:	L = 0,36	mH,	60 Wdgn.	45 x 0,04 CuLS

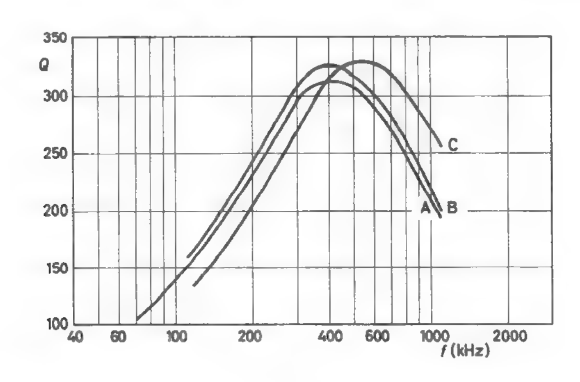


Gütekurven

Die nachfolgenden Gütekurven wurden an Schalenkernspulen in geerdetem Gehäuse gemessen. Induktion im Kern: $\hat{B}$ ca. $3 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$

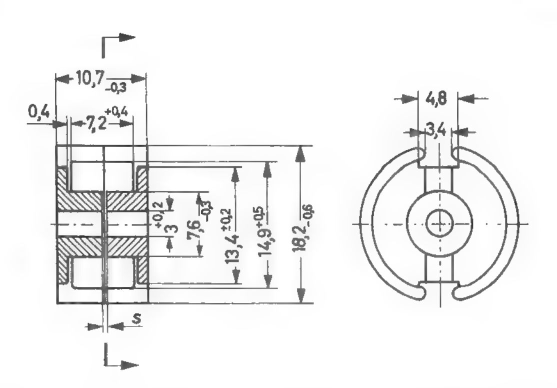


A_L 63 3D3	Einkammer-Wicklung	A: L = 727 µH,	107 Wdgn.	24 x 0,04 CuLS
	"	B: L = 228 µH,	60 Wdgn.	45 x 0,04 CuLS
	Zweikammer-Wicklung	C: L = 471 µH,	86 Wdgn.	24 x 0,04 CuLS
	"	D: L = 194 µH,	55 Wdgn.	36 x 0,04 CuLS



A_L 40 3D3	Einkammer-Wicklung	A: L = 177 µH,	66 Wdgn.	36 x 0,04 CuLS
	"	B: L = 148 µH,	60 Wdgn.	45 x 0,04 CuLS
	Zweikammer-Wicklung	C: L = 99,8 µH,	49 Wdgn.	45 x 0,04 CuLS





Der Schalenkern P 18/11 entspricht DIN 41 293

Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	Ausführung	A_L-Wert (nH)	FXC Sorte	μ_e Richtwert	Abgleichstift Typ	Abgleichstift Kennfarbe	$\frac{\Delta L_{max}}{L}$ (%)
K3 002 40	P 18/11-3H1-o.L.	3670±25 %	3H1	1750			
K3 005 83	P 18/11-3H1-AL400	400 ±3 %	3H1	190	P5 056 95	grau	10-14
K3 005 84	P 18/11-3H1-AL315	315 ±3 %	3H1	150	P5 055 93	braun	10-14
K3 005 82	P 18/11-3H1-AL250	250 ±2 %	3H1	119	P5 056 61	weiß	8-12
K3 005 81	P 18/11-3H1-AL160	160 ±2 %	3H1	76	P5 056 60	gelb	9-13
K3 006 02	P 18/11-3D3-AL100	100 ±2 %	3D3	48	P5 056 06	rot	11-14
K3 006 01	P 18/11-3D3-AL 63	63 ±2 %	3D3	30	P5 056 05	grün	10-14
K3 006 09	P 18/11-4C4-AL 40	40 ±2 %	4C4	19	P5 056 05	grün	
K3 006 08	P 18/11-4C4-AL 25	25 ±2 %	4C4	12	P5 056 05	grün	

Schalenkernhälften ohne Luftspalt

Typ	FXC-Sorte
K5 351 52	3H1
K5 351 49	3H1 (Sondertoleranz)
K5 351 51	3D3
K5 351 53	3B7 (auf Anfrage)
K5 351 54	4C4

Schalenkerne mit Luftspalt werden mit eingeklebtem Gewindeeinsatz (Teil 4) geliefert, wenn die Typ-Nr. mit Anhang /01 versehen ist, z.B. K3 005 82/01



Magn. Formkonstante $\sum \frac{l}{A} = 5,97\ cm^{-1}$ Mittl. magn. Weglänge $l_e = 2,6\ cm$

Hysteresevolumen $V_e = 1,1\ cm^3$ Mittl. Kernquerschnitt $A_e = 0,43\ cm^2$

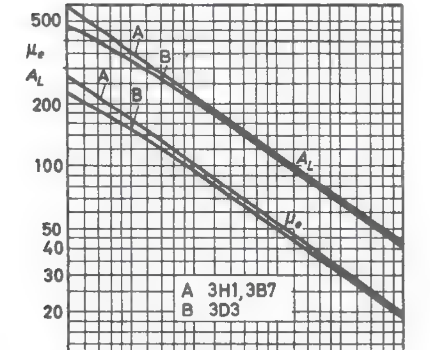
Gleichstromverlustmaß (mit 1-Kammer-Spulenkörper)



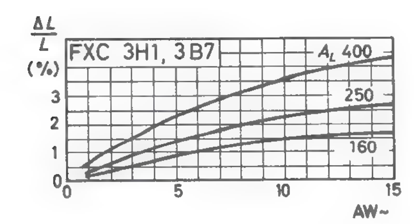
$\frac{R_{Cu}}{L} = \frac{38,5 \cdot 10^3}{f_{Cu} \cdot A_L}\ \frac{\Omega}{H}$ wenn $[A_L]$ in nH

Meßdruck 10 kg

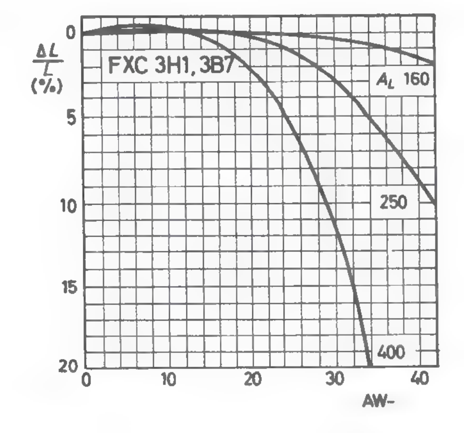
Gewicht (pro Satz) 6,4 g



μ_e und A_L (in nH) in Abhängigkeit vom Luftspalt s



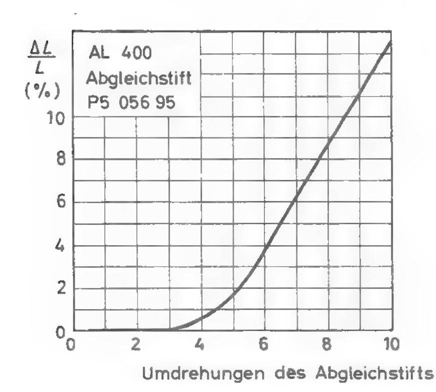
Zunahme der Induktivität in Abhängigkeit von der Wechselfeldstärke

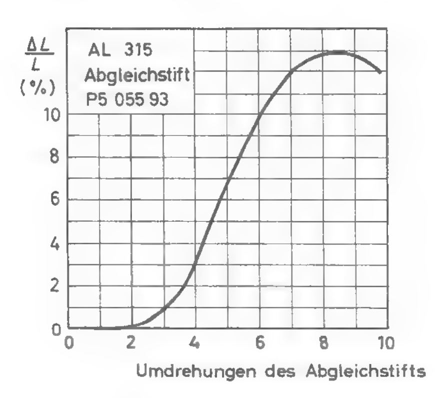


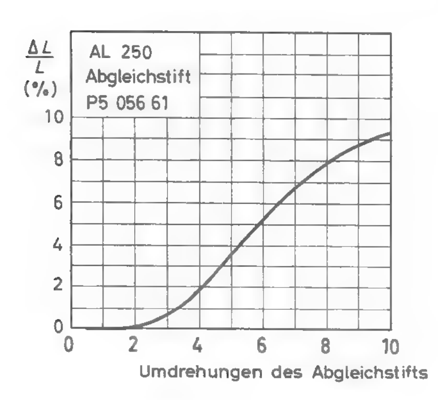
Abnahme der Induktivität in Abhängigkeit von der vormagnetisierenden Gleichfeldstärke

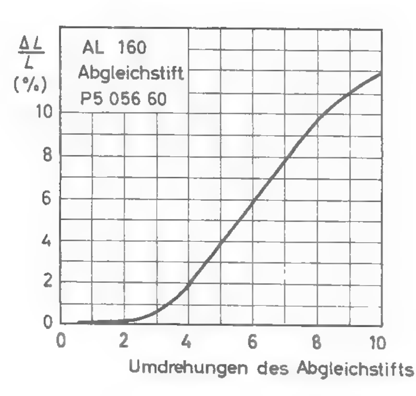


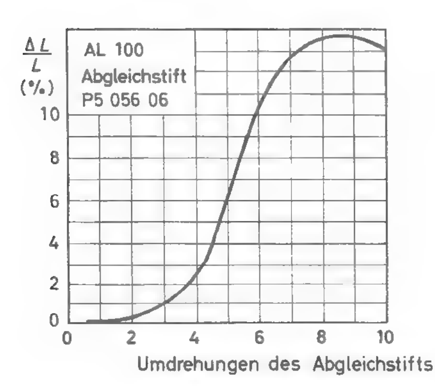


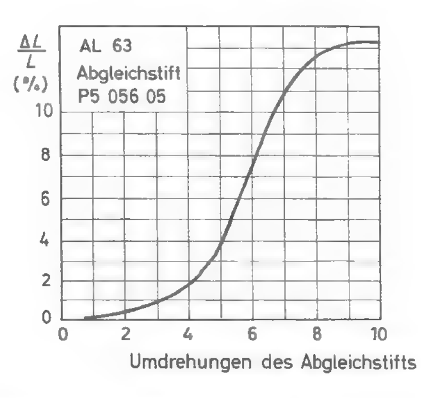












Abgleichbereiche mit den angegebenen Abgleichstiften

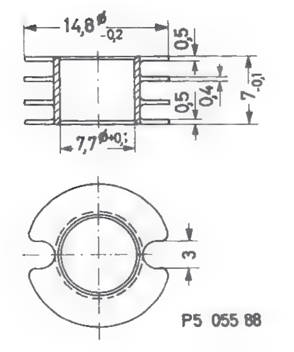
P-Schalenkern P 18/11

Wickeldaten

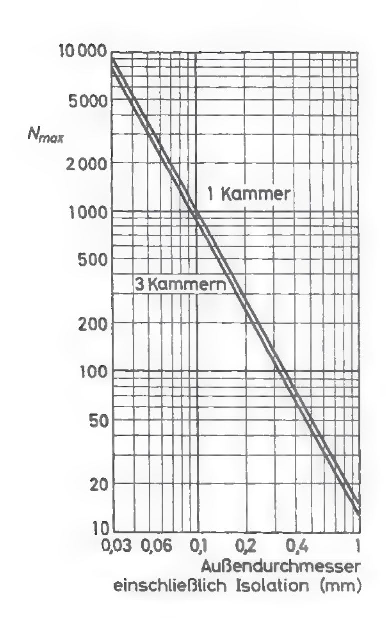


Spulenkörper (nach DIN 41 294)

P5 055 75 1 Kammer
P5 055 76 2 Kammern
P5 055 88 3 Kammern



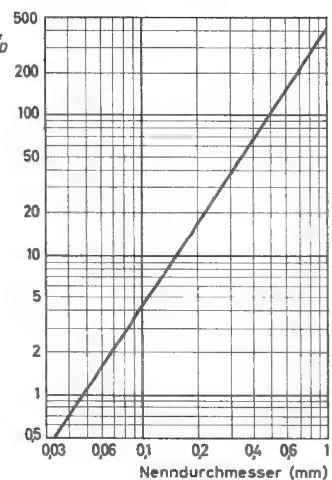
Werkstoff	Makrolon S
Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	0,165 cm^2, 1 K. 2x 0,08 cm^2, 2 K. 3x 0,05 cm^2, 3 K.
Mittl. Windungslänge l_W	3,7 cm
Widerstandsfaktor A_R	$85 \cdot 10^{-6}$ Ω

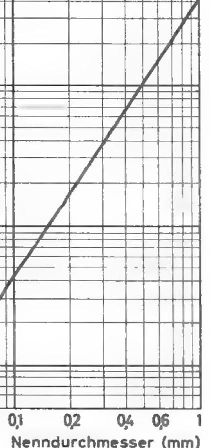


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers



Kupferfüllfaktor f_{Cu}





Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

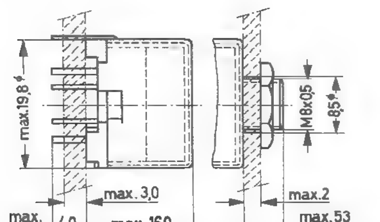
Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
siehe Allgemeines, Drahttabelle

HF-Litze

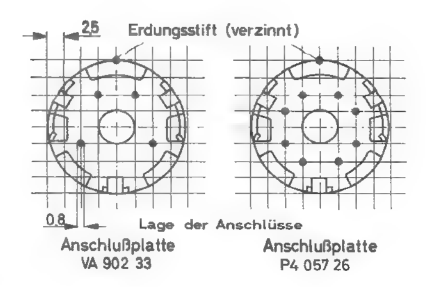
$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
siehe Allgemeines, Drahttabelle

Halterung



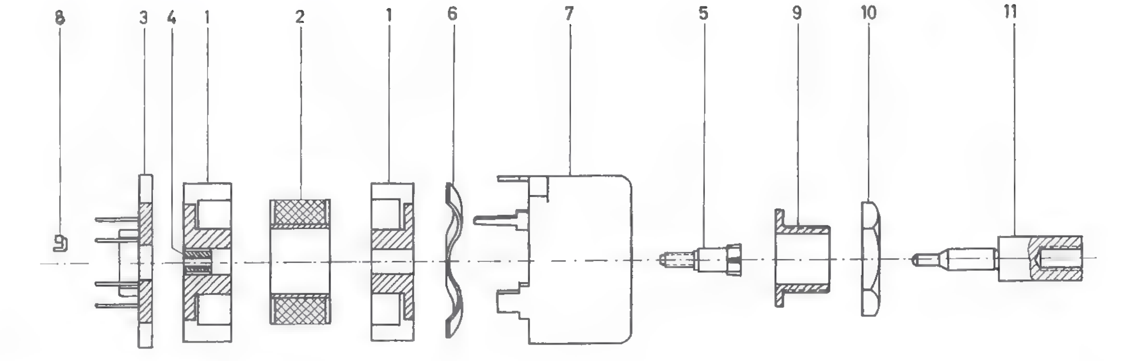
Montage auf gedruckter Platte Montage auf Chassis



Lage der Anschlüsse

Anschlußplatte VA 902 33 Anschlußplatte P4 057 26





Zusammenstellung aller Zubehörteile

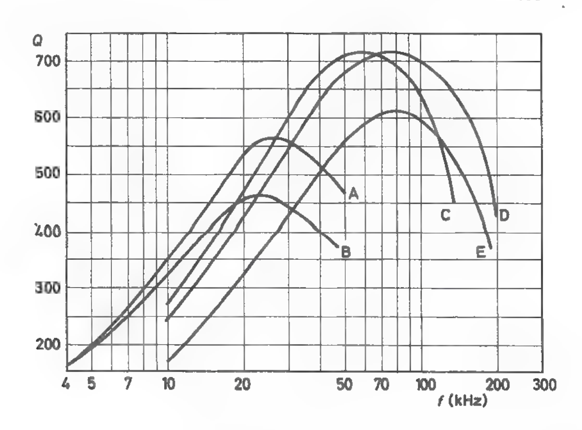
Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Bemerkungen
1 2	s. Kerntypen P5 055 75	Schalenkern Spulenkörper	FERROXCUBE Makrolon S	Typ angeben 1 Kammer, P5 055 76 2 Kammern P5 055 88 3 Kammern
3 4 5 6 7 8	P4 057 26 P5 055 99 s. Kerntypen B1 480 20 B1 410 48 B1 431 53⁺)	Anschlußplatte Gewindeeinsatz Abgleichstift Federring Gehäuse Lötanschluß	Preßstoff Makrolon S Rilsan Federstahl Ms, vernickelt Ms, verzinnt	8 Anschlüsse ⁺⁺) eingeklebt, wenn bestellt rostfrei
9 10	VA 902 00 B1 436 53	Gewindeflansch Mutter	Ms, vernickelt Ms, vernickelt	nur für Montage auf Chassisplatte
11	VA 902 06⁺)	Zentrierdorn		nur für Montage; immer wieder verwendbar

+) wird nur bei besonderer Bestellung mitgeliefert

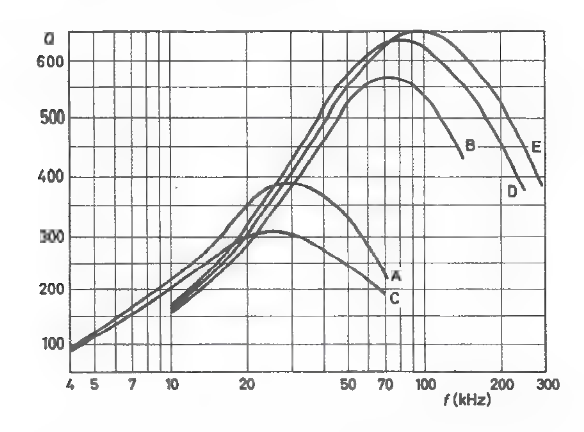
++) Anschlußplatte mit 4 Anschlüssen ist als Typ VA 902 33 bei besonderer Bestellung lieferbar



Die nachfolgenden Gütekurven wurden an Schalenkernspulen in geerdetem Gehäuse gemessen. Induktion im Kern: $\hat{B}$ ca. $10 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$.



A_L 400	A:	L = 50,3 mH,	350 Wdgn.	0,2 CuL
3H1, 3B7	B:	L = 10,9 mH,	164 Wdgn.	0,3 CuL
1 Kammer	C:	L = 3,53 mH,	93 Wdgn.	64 x 0,04 CuL
	D:	L = 1,46 mH,	60 Wdgn.	100 x 0,04 CuL
	E:	L = 0,30 mH,	27 Wdgn.	200 x 0,04 CuL

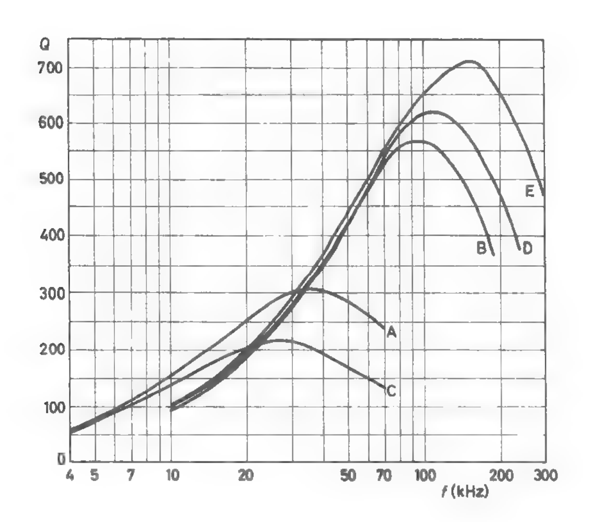


A_L 250	A:	L = 42,3 mH,	410 Wdgn.	0,18 CuL
3H1, 3B7	B:	L = 11,6 mH,	215 Wdgn.	24 x 0,04 CuL
1 Kammer	C:	L = 6,74 mH,	164 Wdgn.	0,3 CuL
	D:	L = 2,18 mH,	93 Wdgn.	64 x 0,04 CuL
	E:	L = 0,88 mH,	59 Wdgn.	100 x 0,04 CuL

P-Schalenkern P 18/11



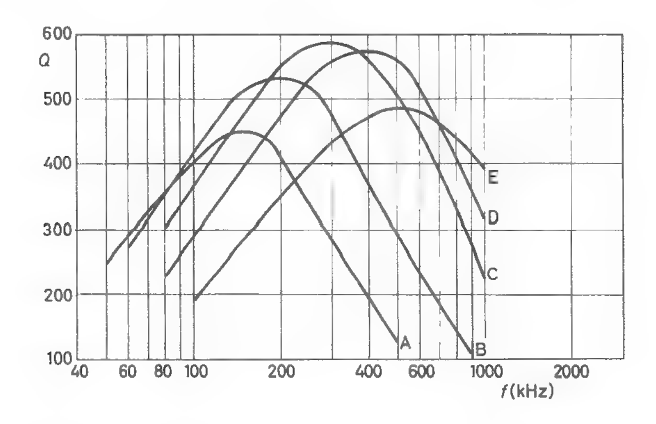
Gütekurven



	A:	L = 26,7 mH,	410 Wdgn.	0,18	CuL
A_L 160 3H1, 3B7	B:	L = 7,44 mH,	215 Wdgn.	24 x 0,004	CuL
	C:	L = 4,33 mH,	164 Wdgn.	0,3	CuL
	D:	L = 2,51 mH,	125 Wdgn.	75 x 0,04	CuL
1 Kammer	E:	L = 1,16 mH,	85 Wdgn.	64 x 0,04	CuLS

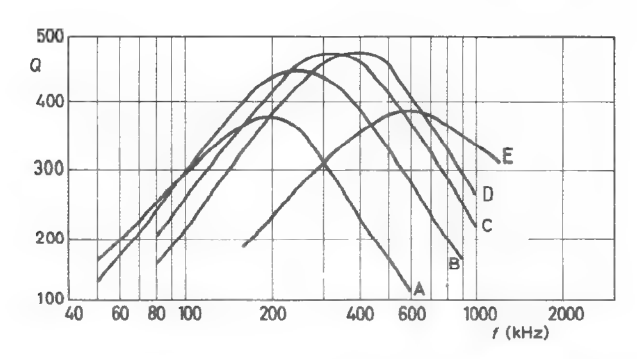


Die nachfolgenden Gütekurven wurden an Schalenkernspulen in geerdetem Gehäuse gemessen. Induktion im Kern: $\hat{B}$ ca. $5 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^3}$



A_L 100
3D3

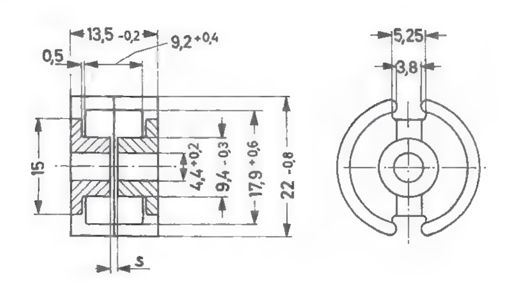
Einkammer-Wicklung	A:	L = 3,67 mH,	192 Wdgn.	24 x 0,04 CuLS
"	B:	L = 1,14 mH,	107 Wdgn.	45 x 0,04 CuLS
Zweikammer-Wicklung	C:	L = 0,48 mH,	69 Wdgn.	64 x 0,04 CuLS
Dreikammer-Wicklung	D:	L = 0,44 mH,	66 Wdgn.	45 x 0,04 CuLS
Kreuzwicklung	E:	L = 0,25 mH,	50 Wdgn.	45 x 0,04 CuLS



A_L 63
3D3

Einkammer-Wicklung	A:	L = 2,29 mH,	192 Wdgn.	24 x 0,04 CuLS
"	B:	L = 0,43 mH,	83 Wdgn.	64 x 0,04 CuLS
Zweikammer-Wicklung	C:	L = 0,53 mH,	92 Wdgn.	45 x 0,04 CuLS
Dreikammer-Wicklung	D:	L = 0,49 mH,	88 Wdgn.	36 x 0,04 CuLS
"	E:	L = 0,16 mH,	50 Wdgn.	45 x 0,04 CuLS





Der Schalenkern P 22/13 entspricht DIN 41 293

Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	Ausführung	A_L-Wert (nH)	FXC Sorte	μ_e Richtwert	Abgleichstift Typ	Abgleichstift Kennfarbe	$\frac{\Delta L_{max}}{L}$ (%)
K3 003 30	P 22/13-3H1-o.L.	4700±25 %	3H1	1840			
K3 007 04	P 22/13-3H1-AL630	630 ±4 %	3H1	249	P5 056 97	braun	8-11
K3 007 03	P 22/13-3H1-AL400	400 ±3 %	3H1	158	P5 056 97	braun	11-15
K3 007 02	P 22/13-3H1-AL250	250 ±2 %	3H1	99	P5 056 78	weiß	9-13
K3 007 01	P 22/13-3H1-AL160	160 ±2 %	3H1	63	P5 056 76	gelb	9-13
K3 007 22	P 22/13-3D3-AL100	100 ±2 %	3D3	40	P5 056 91	rot	10-14
K3 007 21	P 22/13-3D3-AL 63	63 ±2 %	3D3	25	P5 056 88	grün	9-13
K3 007 29	P 22/13-4C4-AL 63	63 ±2 %	4C4	25	P5 056 88	grün	
K3 007 28	P 22/13-4C4-AL 40	40 ±2 %	4C4	16	P5 056 88	grün	

Schalenkernhälften ohne Luftspalt

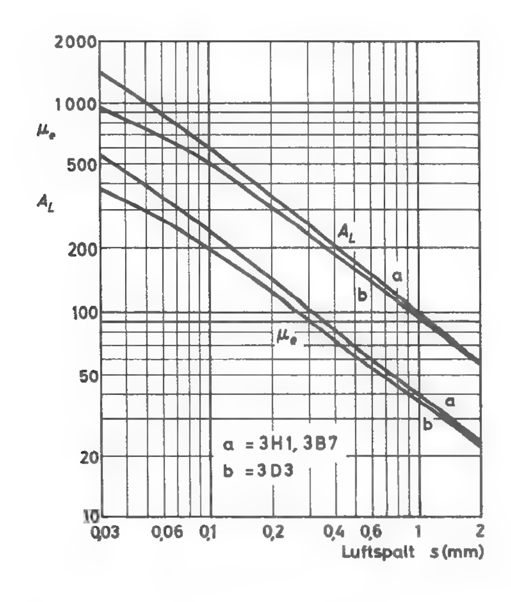
Typ	FXC-Sorte
K5 352 01	3H1
K5 352 00	3B7 (auf Anfrage)
K5 352 02	3D3
K5 352 03	4C4

Schalenkerne mit Luftspalt werden mit eingeklebtem Gewindeeinsatz (Teil 4) geliefert, wenn die Typ-Nr. mit Anhang /01 versehen ist, z.B. K3 007 02/01





Magn. Formkonstante	$\sum \frac{l}{A} = 4{,}97\ \text{cm}^{-1}$
Hysteresevolumen	$V_e = 2{,}00\ \text{cm}^3$
Mittl. magn. Weglänge	$l_e = 3{,}15\ \text{cm}$
Mittl. Kernquerschnitt	$A_e = 0{,}63\ \text{cm}^2$
Gleichstromverlustmaß (mit 1-Kammer-Spulenkörper)	$\frac{R_{Cu}}{L} = \frac{30{,}5 \cdot 10^3}{f_{Cu} \cdot A_L}\ \frac{\Omega}{H}$ wenn $[A_L]$ in nH
Meßdruck	14 kg
Gewicht (pro Satz)	12 g

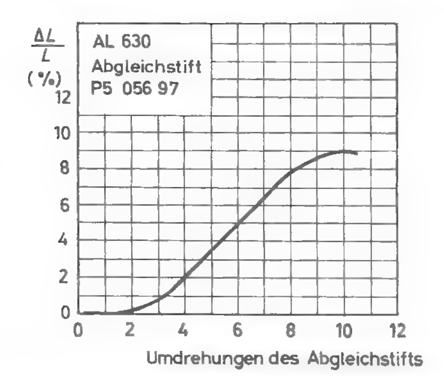


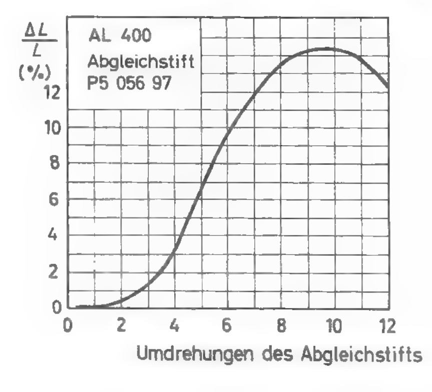
μ_e und A_L (in nH) in Abhängigkeit vom Luftspalt s

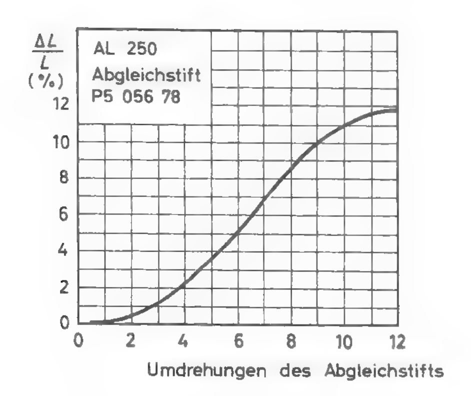
P-Schalenkern P 22/13

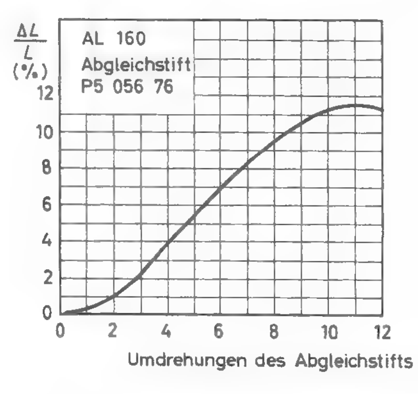


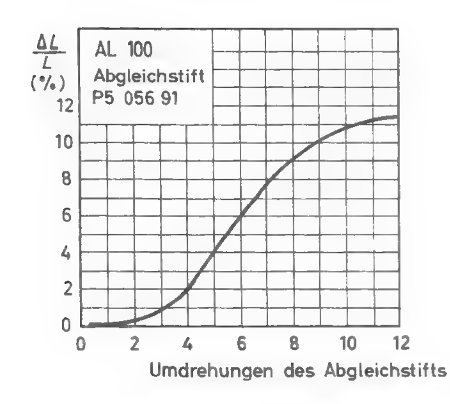
magnetische Daten

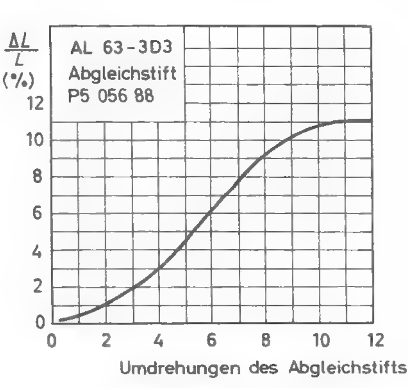












Abgleichbereiche mit den angegebenen Abgleichstiften

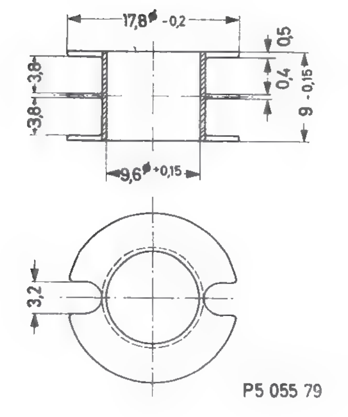




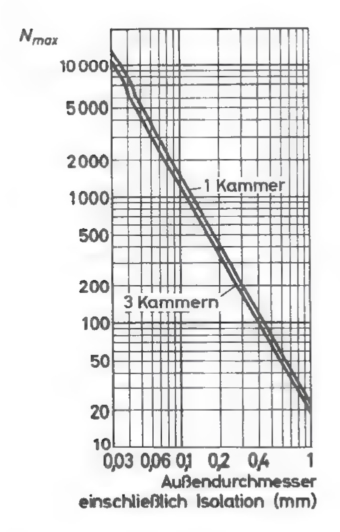
P-Schalenkern P 22/13
Wickeldaten

Spulenkörper (nach DIN 41 294)

P5 055 78 1 Kammer
P5 055 79 2 Kammern
P5 055 89 3 Kammern



Werkstoff	Makrolon S
Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	0,25 cm^2, 1 K. 2x 0,115 cm^2, 2 K. 3x 0,7 cm^2, 3 K.
Mittl. Windungslänge l_W	4,35 cm
Widerstandsfaktor A_R	$67 \cdot 10^{-6}$ Ω

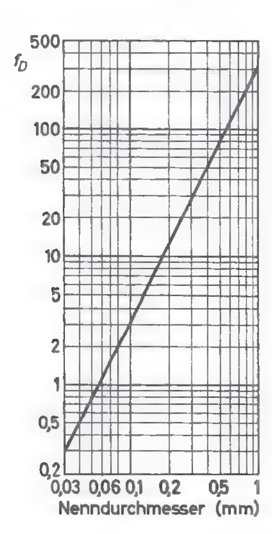


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers

Wickeldaten; Halterung



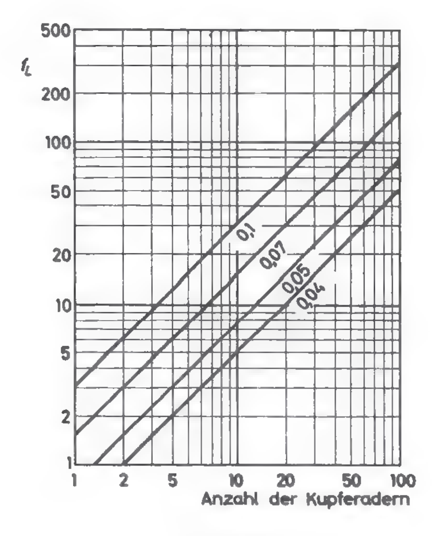
Kupferfüllfaktor f_{Cu}



Kupfer-Runddraht

$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation", siehe Allgemeines, Drahttabelle

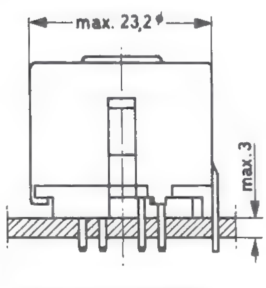


HF-Litze

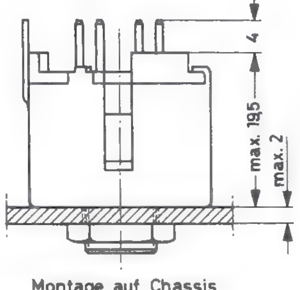
$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation, siehe Allgemeines, Drahttabelle

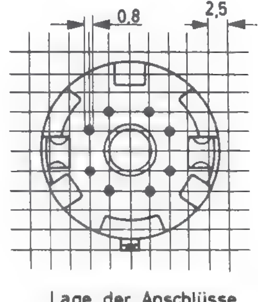
Halterung



Montage auf gedruckter Platte

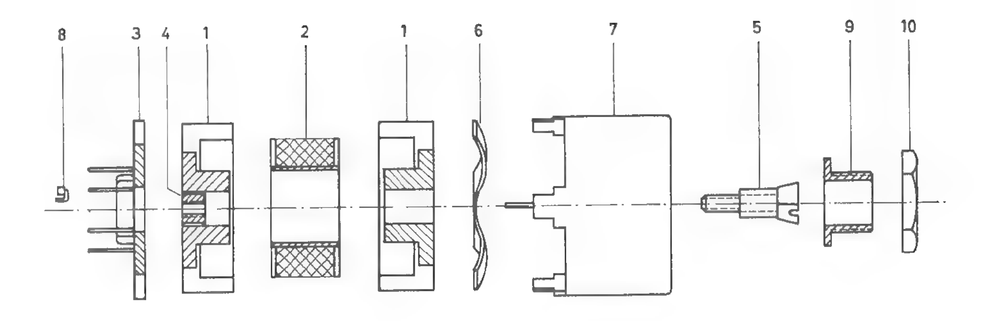


Montage auf Chassis



Lage der Anschlüsse





Zusammenstellung aller Zubehörteile

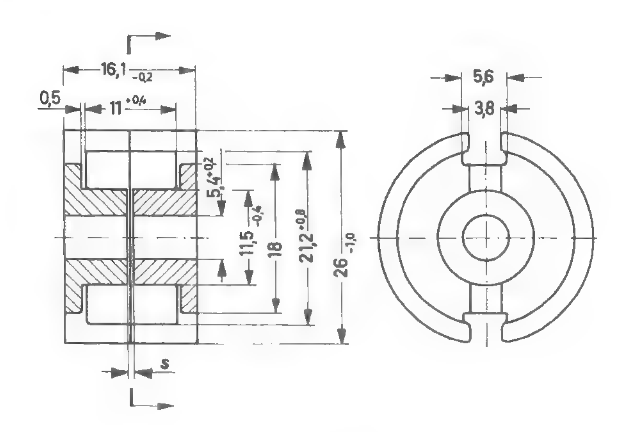
Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FERROXCUBE	Typ angeben
2	P5 055 78	Spulenkörper	Makrolon S	1 Kammer; P5 055 79 2 Kammern P5 055 89 3 Kammern
3	P4 057 27	Anschlußplatte	Preßstoff	8 Anschlüsse
4	P5 056 51	Gewindeeinsatz	Makrolon S	eingeklebt, wenn bestellt
5	s. Kerntypen	Abgleichstift	Rilsan	
6	B1 480 32	Federring	Federstahl	rostfrei
7	B1 410 49	Gehäuse	Ms, vernickelt	
8	B1 431 53+)	Lötanschluß	Ms, verzinnt	
9	B1 391 85	Gewindeflansch	Ms, vernickelt	nur für Montage auf Chassis-
10	B1 436 53	Mutter	Ms, vernickelt	platte

+) wird nur bei besonderer Bestellung mitgeliefert

P-Schalenkern P 26/16

Kerntypen





Der Schalenkern P 26/16 entspricht DIN 41 293

Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	Ausführung	A_L-Wert (nH)	FXC Sorte	μ_e Richtwerte	Luftspalt s(mm) Richtwerte	Abgleichstift Typ	Abgleichstift Kennfarbe	$\frac{\Delta L_{max}}{L}$ (%)
K3 002 70	P 26/16-3H1-o.L.	6300±25 %	3H1	1910	0			
K3 006 43	P 26/16-3H1-AL600	600 ±3 %	3H1	202	0,15	P5 056 96	grau	10-14
K3 006 42	P 26/16-3H1-AL400	400 ±3 %	3H1	128	0,25	P5 056 10	braun	11-15
K3 006 41	P 26/16-3H1-AL250	250 ±2 %	3H1	80	0,5	P5 056 62	weiß	12-16
K3 006 62	P 26/16-3D3-AL160	160 ±2 %	3D3	51	0,8	P5 056 09	rot	9-13
K3 006 61	P 26/16-3D3-AL100	100 ±2 %	3D3	32	1,5	P5 056 07	grün	11-15
K3 006 69	P 26/16-4C4-AL100	100 ±2 %	4C4	32		P5 056 07	grün	
K3 006 68	P 26/16-4C4-AL 63	63 ±2 %	4C4	20		P5 056 07	grün	

Schalenkernhälften ohne Luftspalt

Typ	FXC-Sorte
K5 351 57	3H1
K5 351 56	3D3
K5 351 58	3B7 (auf Anfrage)
K5 351 59	4C4

Schalenkerne mit Luftspalt werden mit eingeklebtem Gewindeeinsatz (Teil 4) geliefert, wenn die Typ-Nr. mit Anhang /01 versehen ist, z.B. K3 006 41/01



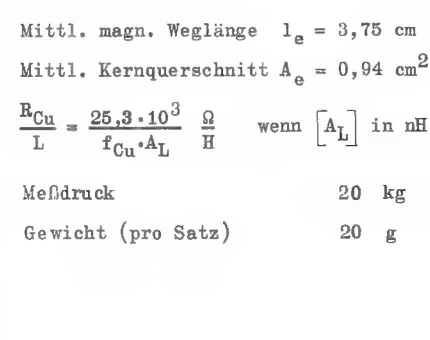
P-Schalenkern P 26/16

magnetische Daten

Magn. Formkonstante $\sum \frac{l}{A} = 4{,}0 \text{ cm}^{-1}$

Hysteresevolumen $V_e = 3{,}5 \text{ cm}^3$

Gleichstromverlustmaß (mit 1-Kammer-Spulenkörper)



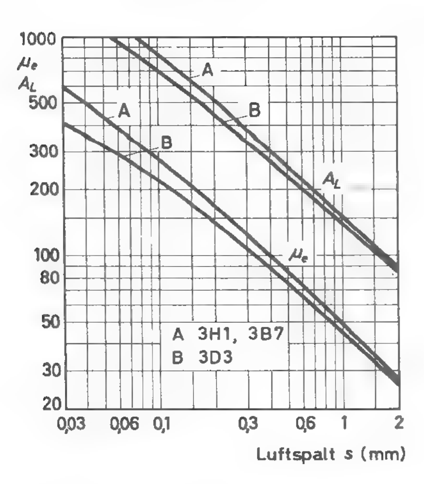
Mittl. magn. Weglänge $l_e = 3{,}75$ cm

Mittl. Kernquerschnitt $A_e = 0{,}94 \text{ cm}^2$

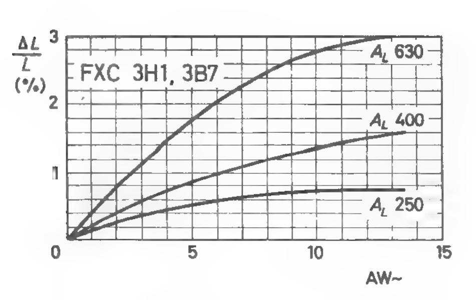
$$\frac{R_{Cu}}{L} = \frac{25{,}3 \cdot 10^3}{f_{Cu} \cdot A_L} \; \frac{\Omega}{H} \quad \text{wenn } [A_L] \text{ in nH}$$

Meßdruck 20 kg

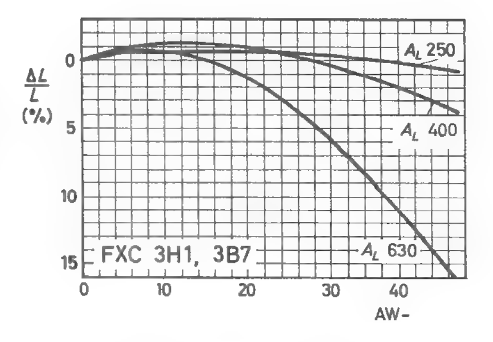
Gewicht (pro Satz) 20 g



μ_e und A_L (in nH) in Abhängigkeit vom Luftspalt s



Zunahme der Induktivität in Abhängigkeit von der Wechselfeldstärke

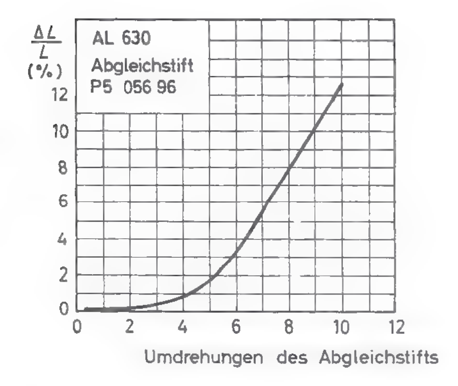


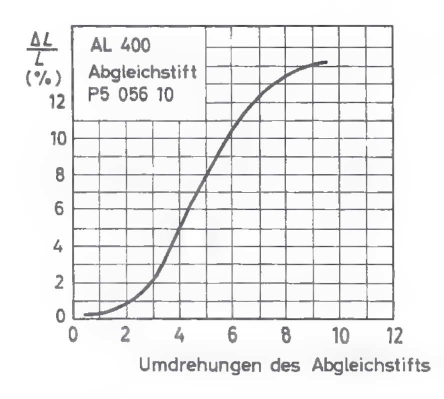
Abnahme der Induktivität in Abhängigkeit von der vormagnetisierenden Gleichfeldstärke

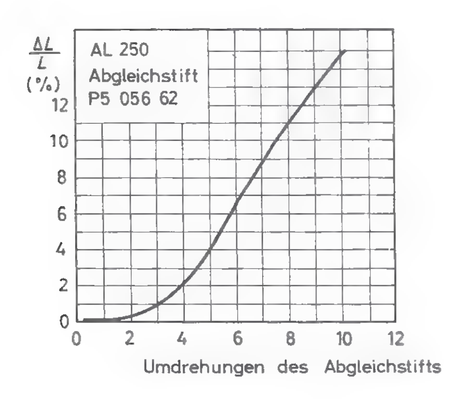
P-Schalenkern P 26/16

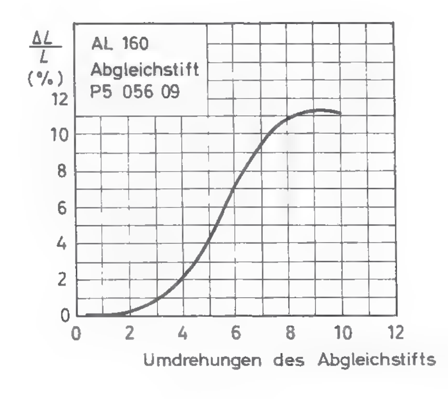
magnetische Daten

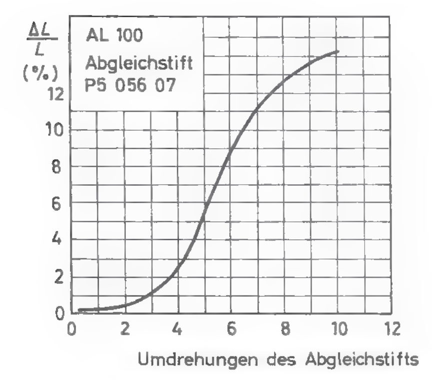










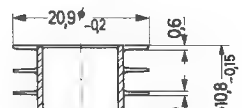


Abgleichbereiche mit den angegebenen Abgleichstiften



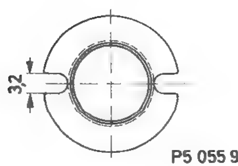
P-Schalenkern P 26/16

Wickeldaten

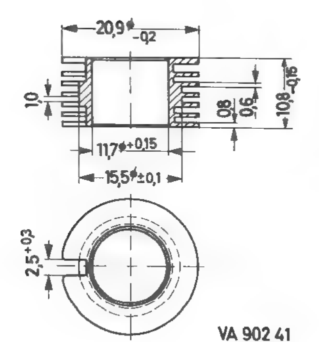


Spulenkörper (nach DIN 41 294)

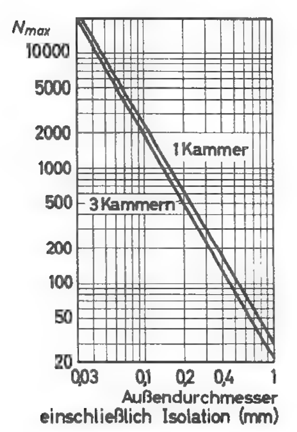
P5 055 81 1 Kammer
P5 055 82 2 Kammern
P5 055 90 3 Kammern



Werkstoff	Makrolon S
Zul. Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	0,36 cm^2 1 Kammer 2x 0,17 cm^2 2 Kammern 3x 0,11 cm^2 3 Kammern
Mittl. Windungslänge l_W	5,25 cm
Widerstandsfaktor A_R	$56 \cdot 10^{-6}$ Ω

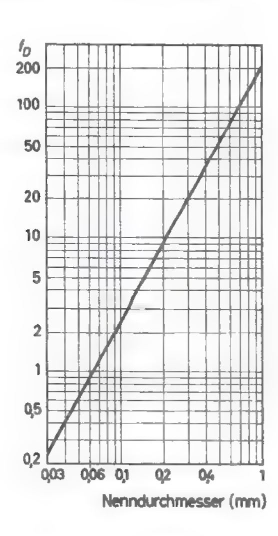


Sonderausführung	VA 902 41 6 Kammern
Werkstoff	Polystyrol EH
Zul. Temperaturbereich	-40 bis +85 °C



Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers

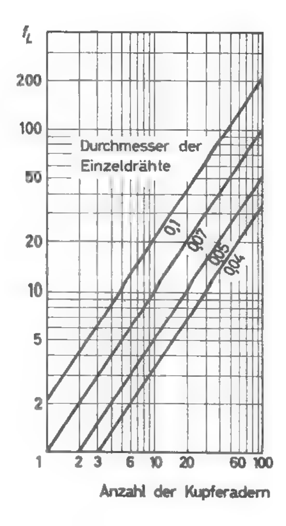
Kupferfüllfaktor f_{Cu}



Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation", siehe Allgemeines, Drahttabelle

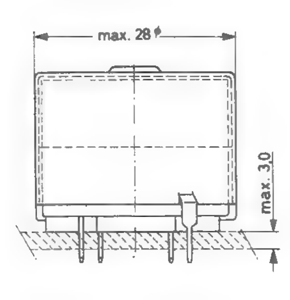


HF-Litze

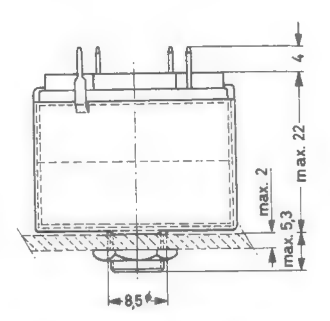
$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation", siehe Allgemeines, Drahttabelle

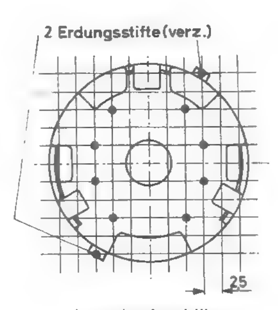
Halterung



Montage auf gedruckter Platte

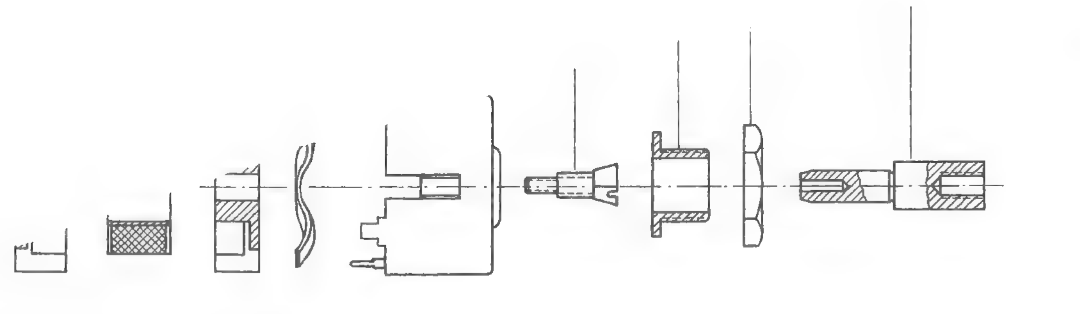


Montage auf Chassis



Lage der Anschlüsse





Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FERROXCUBE	Typ angeben
2	P5 055 81	Spulenkörper	Makrolon S	1 Kammer, P5 055 82 2 Kammern P5 055 90 3 Kammern VA 902 41 6 Kammern
3	P4 057 28	Anschlußplatte	Preßstoff	8 Anschlüsse
4	P5 056 00	Gewindeeinsatz	Makrolon S	eingeklebt, wenn bestellt
5	s. Kerntypen	Abgleichstift	Rilsan	
6	B1 480 22	Federring	Federstahl	rostfrei
7	B1 410 50	Gehäuse	Ms, vernickelt	
8	B1 431 53	Lötanschluß	Ms, verzinnt	
9	VA 902 00	Gewindeflansch	Ms, vernickelt	nur für Montage auf Chassis-platte
	B1 436 53	Mutter	Ms, vernickelt	
	VA 902 05	Zentrierdorn	Stahl	nur für Montage; immer wieder verwendbar

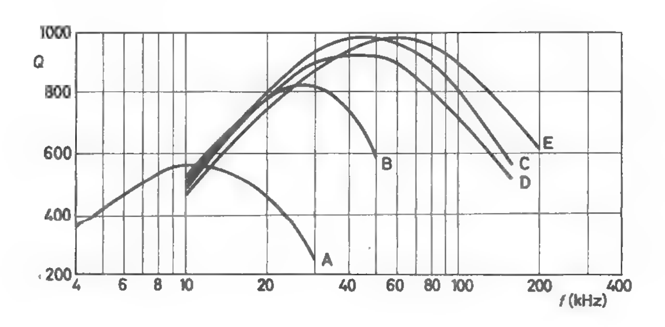
bis 11 wird nur bei besonderer Bestellung mitgeliefert

P-Schalenkern P 26/16

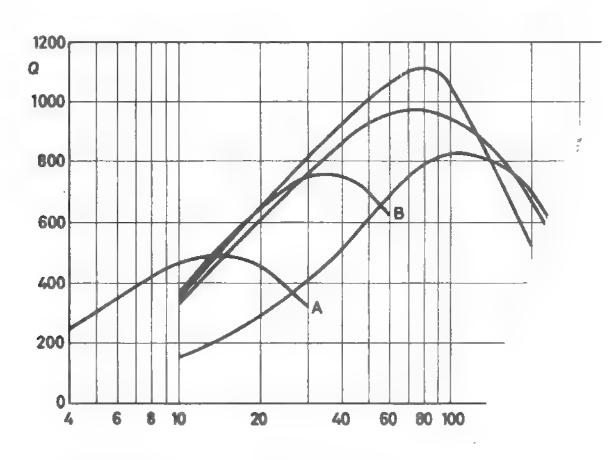
Gütekurven



Die nachfolgenden Gütekurven wurden an Schalenkernspulen in geerdet Gehäuse gemessen. Induktion im Kern: $\hat{B}$ ca. $10 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$



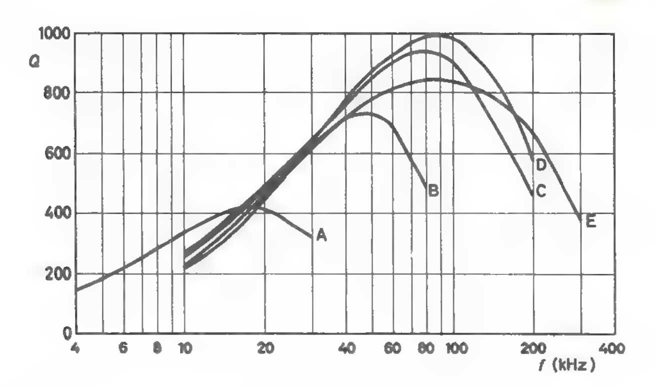
A_L 630 3H1, 3B7						
	Einkammer-Wicklung	A: L =	153	mH,	485 Wdgn.	
	"	B: L =	21,6	mH,	184 Wdgn.	64 x
	Zweikammer-Wicklung	C: L =	7,79	mH,	111 Wdgn.	100
	Einkammer-Wicklung	D: L =	3,03	mH,	69 Wdgn.	64
	Zweikammer-Wicklung	E: L =	2,4	mH,	62 Wdgn.	6⁄



Einkammer-Wicklung	A: L =	95,7	mH,
"	B: L =	13,6	mH
Zweikammer-Wicklung	C: L =	4,89	mH
"	D: L =	1,55	r
'cklung	E: L =	1,30	

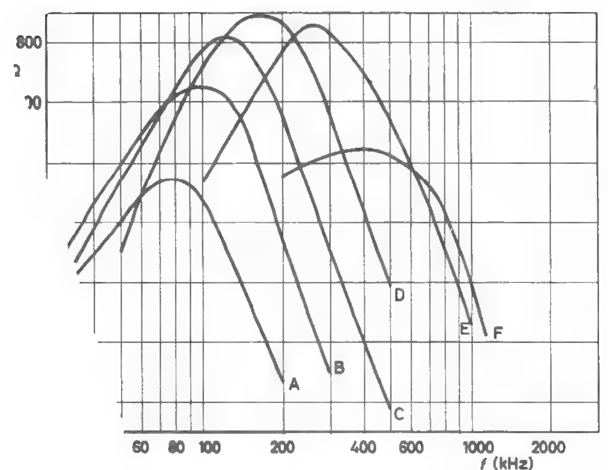


Gütekurven



Einkammer-Wicklung	A: L = 108,4 mH,	654 Wdgn.		0,22 CuL
"	B: L = 18,5 mH,	270 Wdgn.	45 x	0,04 CuL
"	C: L = 3,46 mH,	117 Wdgn.	100 x	0,04 CuL
Zweikammer-Wicklung	D: L = 3,11 mH,	111 Wdgn.	100 x	0,04 CuL
"	E: L = 0,97 mH,	62 Wdgn.	64 x	0,07 CuL

Induktion im Kern: $\hat{B}$ ca. $5 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$

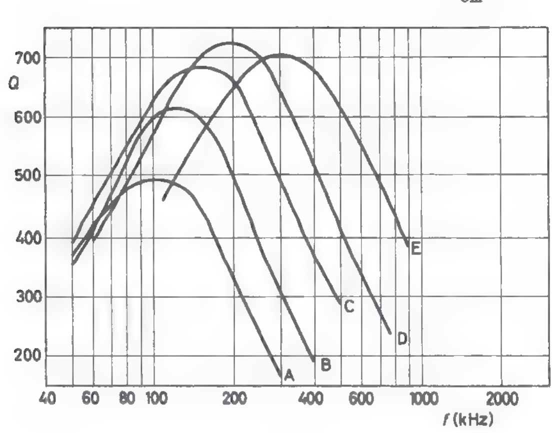


klung	A: L = 8,49 mH,	229 Wdgn.	45 x	0,04 CuLS
	B: L = 2,64 mH,	128 Wdgn.	100 x	0,04 CuLS
:lung	C: L = 2,03 mH,	112 Wdgn.	100 x	0,04 CuLS
'ung	D: L = 1,41 mH,	93 Wdgn.	100 x	0,04 CuLS
	E: L = 0,24 mH,	39 Wdgn.	200 x	0,04 CuLS
ng	F: L = 0,11 mH,	26 Wdgn.	200 x	0,04 CuLS

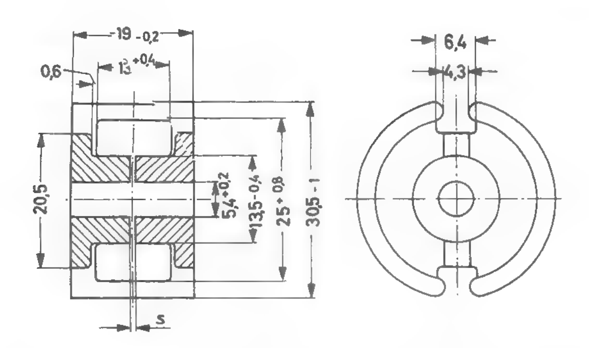
Gütekurven



Induktion im Kern: $\hat{B}$ ca. $3 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$



	Einkammer-Wicklung	A: L =	5,40 mH,	229 Wdgn.	45
	"	B: L =	1,68 mH,	128 Wdgn.	100
A_L 100 3D3	Zweikammer-Wicklung	C: L =	1,30 mH,	112 Wdgn.	10(
	Dreikammer-Wicklung	D: L =	0,91 mH,	93 Wdgn.	1(
	"	E: L =	0,16 mH,	39 Wdgn.	[illegible]



Der Schalenkern P 30/19 entspricht DIN 41 293

Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	Ausführung	A_L-Wert (nH)	FXC Sorte	μ_e Richtwert	Abgleichstift Typ	Abgleichstift Kennfarbe	$\frac{\Delta L_{max}}{L}$ (%)
K3 003 60	P 30/19-3H1-o.L.	7550±25 %	3H1	1990			
K3 005 24	P 30/19-3H1-AL1000	1000 ±3 %	3H1	263	P5 056 96	grau	8-11
K3 005 23	P 30/19-3H1-AL 630	630 ±3 %	3H1	166	P5 056 10	braun	9-12
K3 005 22	P 30/19-3H1-AL 400	400 ±2 %	3H1	105	P5 056 62	weiß	8-11
K3 005 21	P 30/19-3H1-AL 250	250 ±2 %	3H1	66	P5 056 62	weiß	12-16

Schalenkernhälften ohne Luftspalt

Typ	FXC-Sorte
K5 352 05	3H1
K5 352 06	3B7 (auf Anfrage)

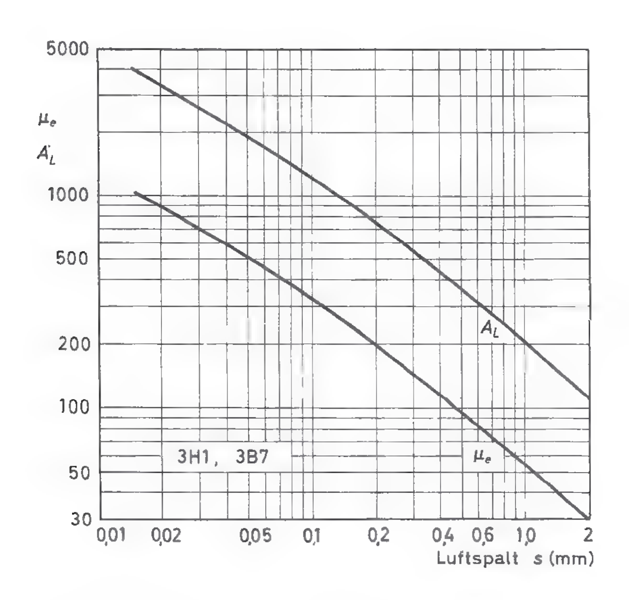
Schalenkerne mit Luftspalt werden mit eingeklebtem Gewindeeinsatz (Teil 4) geliefert, wenn die Typ-Nr. mit Anhang /01 versehen ist, z.B. K3 005 23/01

P-Schalenkern P 30/19

magnetische Daten



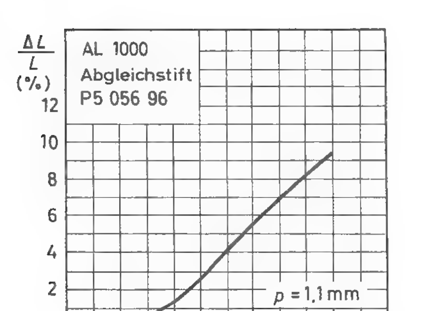
Magn. Formkonstante	$\sum \frac{l}{A}$ = 3,30 cm^{-1}	
Hysteresevolumen	V_e = 6,2 cm^3	
Mittl. magn. Weglänge	l_e = 4,5 cm	
Mittl. Kernquerschnitt	A_e = 1,35 cm^2	
Gleichstromverlustmaß (mit 1-Kammer-Spulenkörper)	$\frac{R_{Cu}}{L} = \frac{20,5 \cdot 10^3}{f_{Cu} \cdot A_L} \frac{\Omega}{H}$	wenn $[A_L]$ in nH
Meßdruck	25 kg	
Gewicht (pro Satz)	34 g	

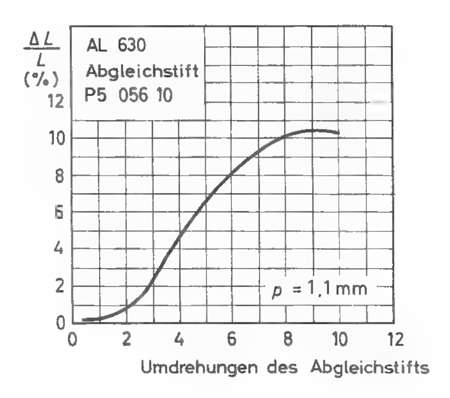


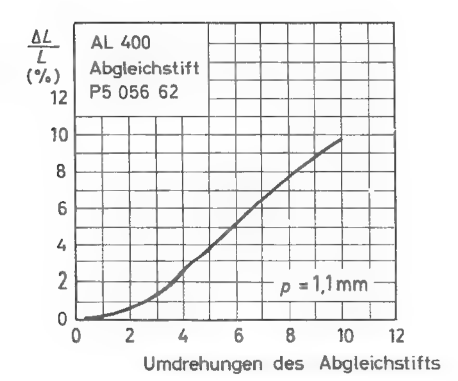
μ_e und A_L in Abhängigkeit vom Luftspalt s

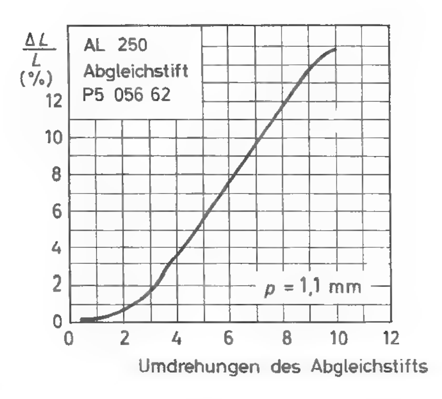












Abgleichbereiche mit den angegebenen Abgleichstiften
Tauchtiefe p = 1,1 mm



P-Schalenkern P 30/19

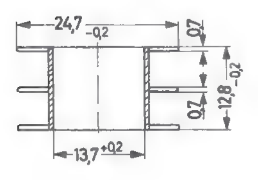
Wickeldaten

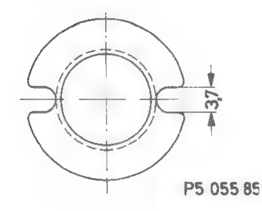
Spulenkörper (nach DIN 41 294)

P5 055 84 1 Kammer

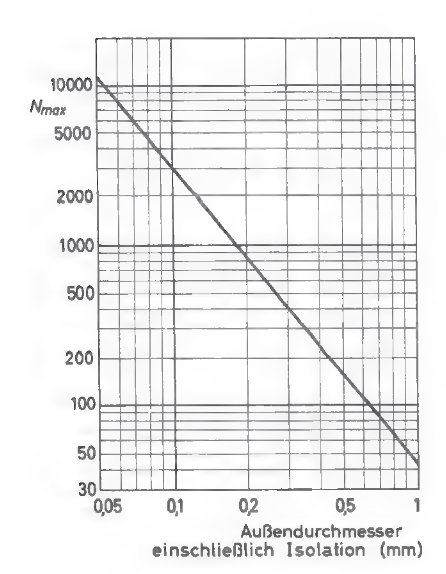
P5 055 85 2 Kammern

P5 055 91 3 Kammern





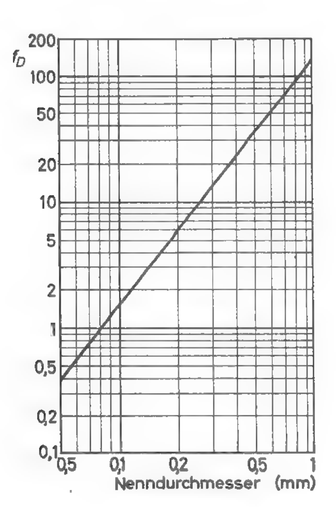
Werkstoff	Makrolon S
Zul. Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	0,52 cm^2, 1 K. 2x 0,24 cm^2, 2 K. 3x 0,16 cm^2, 3 K.
Mittl. Windungslänge l_W	6,1 cm
Widerstandsfaktor A_R	$45 \cdot 10^{-6}$ Ω

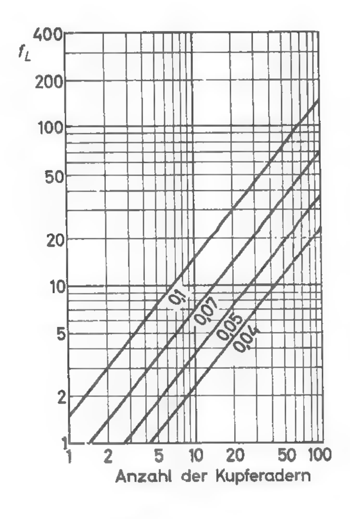


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers



Kupferfüllfaktor f_{Cu}





Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

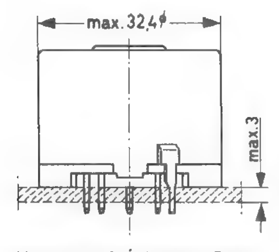
Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
siehe Allgemeines, Drahttabelle

HF-Litze

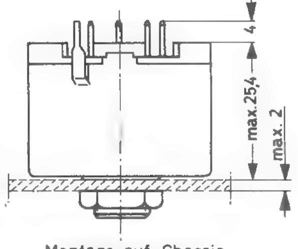
$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation,
siehe Allgemeines, Drahttabelle

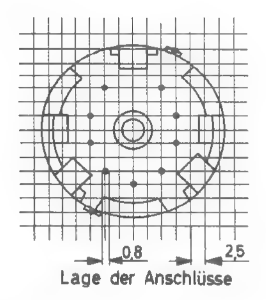
Halterung



Montage auf gedruckter Platte

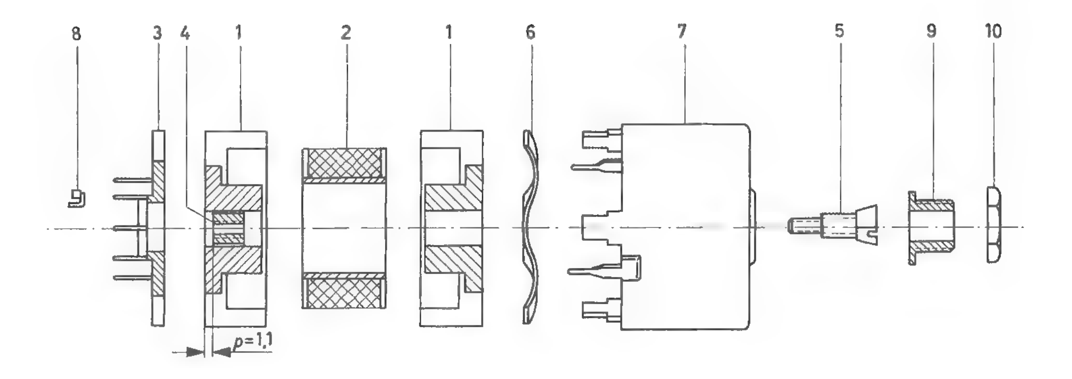


Montage auf Chassis



Lage der Anschlüsse



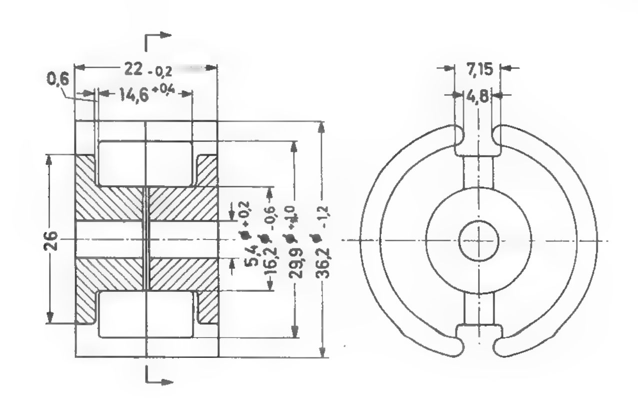


Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FERROXCUBE	Typ angeben
2	P5 055 84	Spulenkörper	Makrolon S	1 Kammer; P5 055 85 2 Kammern P5 055 91 3 Kammern
3	P4 057 29	Anschlußplatte	Preßstoff	9 Anschlüsse
4	P5 056 00	Gewindeeinsatz	Makrolon S	eingeklebt, wenn bestellt
5	s. Kerntypen	Abgleichstift	Rilsan	
6	B1 480 23	Federring	Federstahl	cadmiert
7	B1 410 51	Gehäuse	Ms, vernickelt	
8	B1 431 53+)	Lötanschluß	Ms, verzinnt	
9	B1 391 85	Gewindeflansch	Ms, vernickelt	nur für Montage auf Chassis-platte
10	B1 436 53	Mutter	Ms, vernickelt	

+) wird nur bei besonderer Bestellung mitgeliefert





Der Schalenkern P 36/22 entspricht DIN 41 293

Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	Ausführung	A_L-Wert (nH)	FXC Sorte	μ_e Richtwert	Abgleichstift Typ	Abgleichstift Kennfarbe	$\frac{\Delta L}{L}$ max (%)
K3 003 90	P 36/22-3H1-o.L.	9600±25 %	3H1	2030			
K3 006 75	P 36/22-3H1-AL1600	1600 ±3 %	3H1	337	P5 056 99	schwarz	10-14
K3 006 74	P 36/22-3H1-AL1000	1000 ±3 %	3H1	210	P5 056 98	grau	8-11
K3 006 73	P 36/22-3H1-AL630	630 ±2 %	3H1	132	P5 056 10	braun	9-13
K3 006 72	P 36/22-3H1-AL400	400 ±2 %	3H1	84	P5 056 10	braun	13-18
K3 006 71	P 36/22-3H1-AL250	250 ±2 %	3H1	53	P5 056 62	weiß	8-11
K3 004 55	P 36/22-3H1-AL850+)	850 ±3 %	3H1	178			

Schalenkernhälften ohne Luftspalt

Typ	FXC-Sorte
K5 351 61	3H1
K5 351 62	3B7 (auf Anfrage)

+) Sondertyp. Nur auf Anfrage

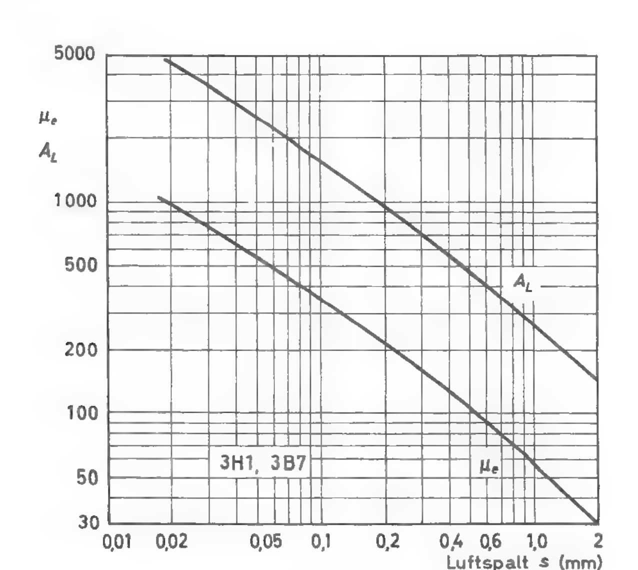
Schalenkerne mit Luftspalt werden mit eingeklebtem Gewindeeinsatz (Teil 4) geliefert, wenn die Typ-Nr. mit Anhang /01 versehen ist, z.B. K3 006 73/01

P-Schalenkern P 36/22



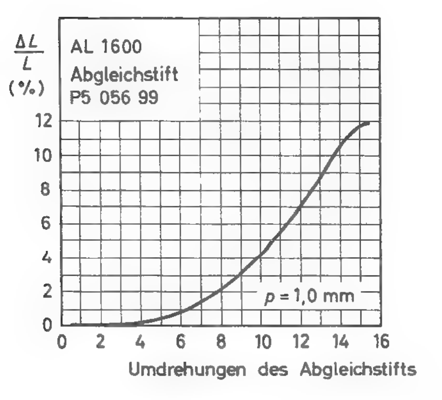
magnetische Daten

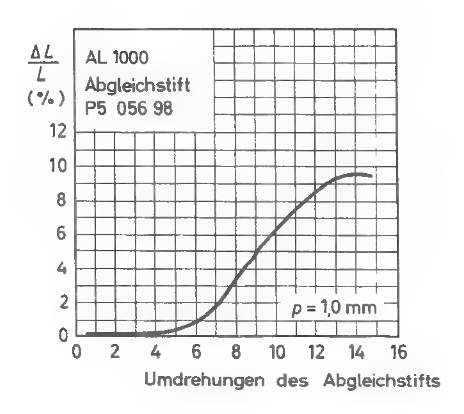
Magn. Formkonstante	$\sum \frac{l}{A} = 2{,}64 \ \mathrm{cm}^{-1}$	
Hysteresevolumen	$V_e = 10{,}7 \ \mathrm{cm}^3$	
Mittl. magn. Weglänge	$l_e = 5{,}3 \ \mathrm{cm}$	
Mittl. Kernquerschnitt	$A_e = 2{,}0 \ \mathrm{cm}^2$	
Gleichstromverlustmaß	$\frac{R_{Cu}}{L} = \frac{17{,}9 \cdot 10^3}{f_{Cu} \cdot A_L} \ \frac{\Omega}{H}$	wenn $[A_L]$ in nH
Meßdruck	35 kg	
Gewicht (pro Satz)	74 g	

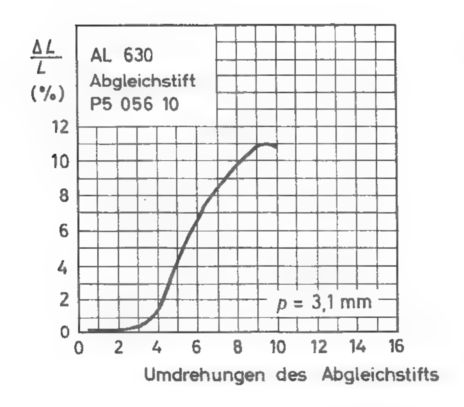


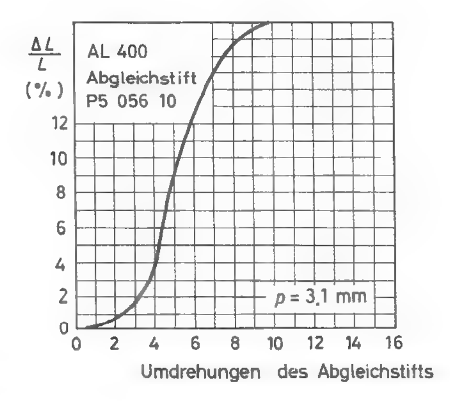
μ_e und A_L (in nH) in Abhängigkeit vom Luftspalt s











Abgleichbereiche mit den angegebenen Abgleichstiften
bei der angegebenen Tauchtiefe p

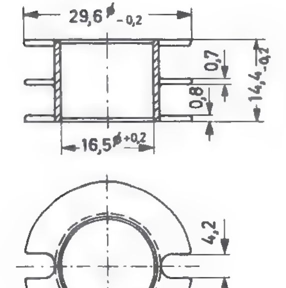
P-Schalenkern P 36/22

Wickeldaten

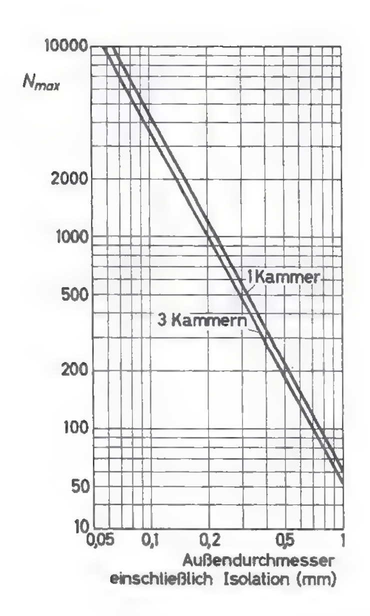


Spulenkörper (nach DIN 41 294)

P5 055 86 1 Kammer
P5 055 87 2 Kammern
P5 055 92 3 Kammern



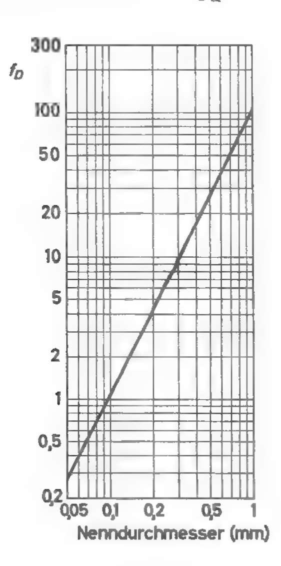
Werkstoff	Makrolon S
Zul. Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	0,71 cm^2, 1 K.
	2x 0,33 cm^2, 2 K.
	3x 0,20 cm^2, 3 K.
Mittl. Windungslänge l_W	7,3 cm
Widerstandsfaktor A_R	$39{,}5 \cdot 10^{-6}$ Ω

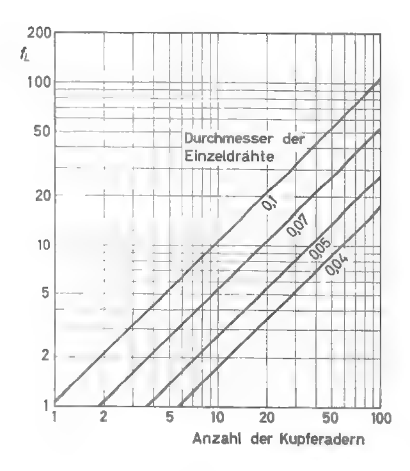


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers



Kupferfüllfaktor f_{Cu}





Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

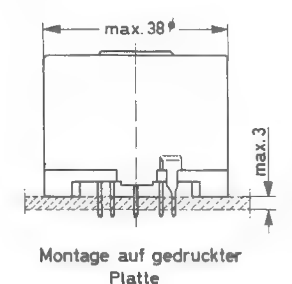
Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation", siehe Allgemeines, Drahttabelle

HF-Litze

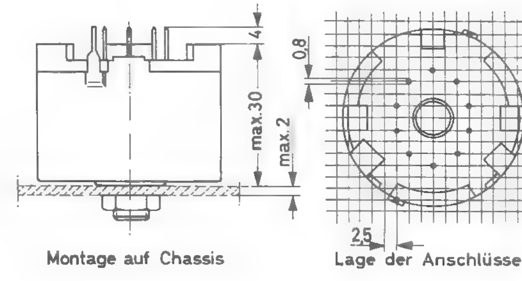
$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschleißlich Isolation", siehe Allgemeines, Drahttabelle

Halterung



Montage auf gedruckter Platte



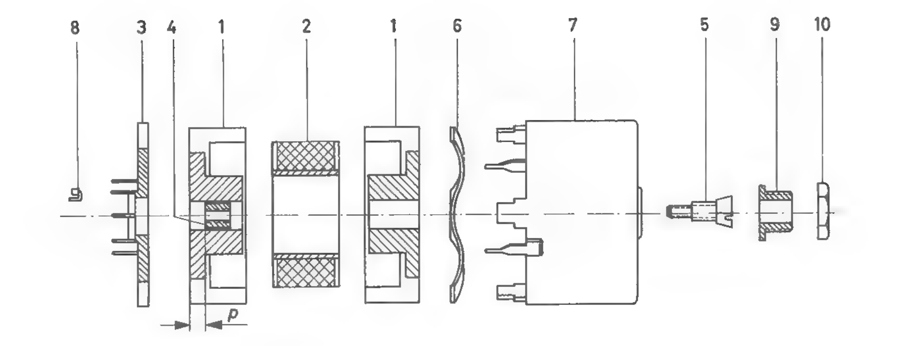
Montage auf Chassis

Lage der Anschlüsse

P-Schalenkern P 36/22

Zubehörteile





Zusammenstellung aller Zubehörteile

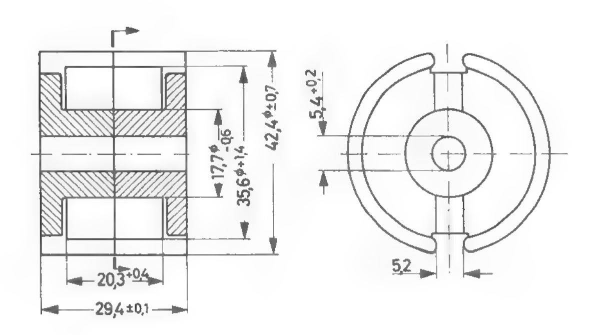
Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FERROXCUBE	Typ angeben
2	P5 055 86	Spulenkörper	Makrolon S	1 Kammer; P5 055 87 2 Kammern P5 055 92 3 Kammern
3	P4 057 30	Anschlußplatte	Preßstoff	10 Anschlüsse
4	P5 056 00	Gewindeeinsatz	Makrolon S	eingeklebt, wenn bestellt
5	s. Kerntypen	Abgleichstift	Rilsan	
6	B1 480 24	Federring	Federstahl	cadmiert
7	B1 410 52	Gehäuse	Ms, vernickelt	
8	B1 431 53+)	Lötanschluß	Ms, verzinnt	
9	B1 391 85	Gewindeflansch	Ms, vernickelt	nur für Montage auf Chassis-platte
10	B1 436 53	Mutter	Ms, vernickelt	

+) wird nur bei besonderer Bestellung mitgeliefert



P-Schalenkern P 42/29

Kerntypen



Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	Ausführung	A_L-Wert (nH)	FXC Sorte	μ_e Richtwert	Abgleichstift Typ	Abgleichstift Kennfarbe	$\frac{\Delta L_{max}}{L}$ (%)
K3 004 30	P 42/29-3H1-o.L.	10300±25 %	3H1	2100			
K3 004 35	P 42/29-3H1-AL1600	1600 ±3 %	3H1	325	P5 056 99	schwarz	8-11
K3 004 34	P 42/29-3H1-AL1000	1000 ±3 %	3H1	205	P5 056 96	grau	8-11
K3 004 33	P 42/29-3H1-AL630	630 ±2 %	3H1	130	P5 056 96	grau	11-14
K3 004 32	P 42/29-3H1-AL400	400 ±2 %	3H1	81	P5 056 10	braun	12-16

Schalenkernhälften ohne Luftspalt

Typ	FXC-Sorte
K5 352 22	3H1
K5 352 21	3B7 (auf Anfrage)

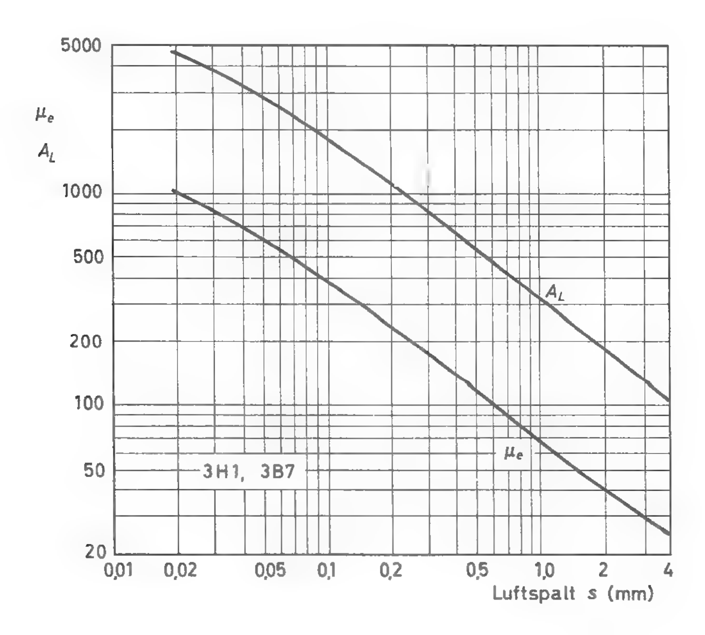
Schalenkerne mit Luftspalt werden mit eingeklebtem Gewindeeinsatz (Teil 4) geliefert, wenn die Typ-Nr. mit Anhang /01 versehen ist, z.B. K3 004 33/01

P-Schalenkern P 42/29

magnetische Daten

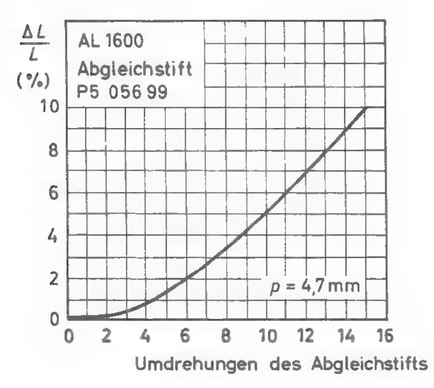


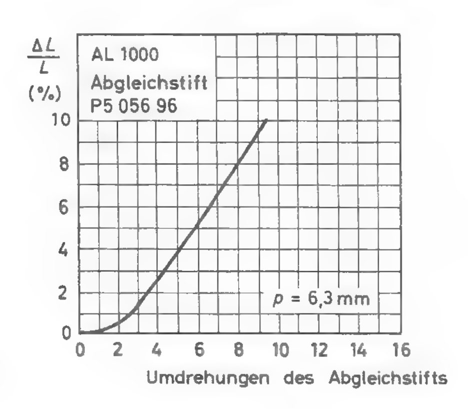
Magn. Formkonstante	$\sum \frac{l}{A}$ =	2,6	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e =	18,2	cm^3
Mittl. magn. Weglänge	l_e =	6,85	cm
Mittl. Kernquerschnitt	A_e =	2,65	cm^2
Gleichstromverlustmaß	$\frac{R_{Cu}}{L}$ =	$\frac{11,1 \cdot 10^3}{f_{Cu} \cdot A_L}$	$\frac{\Omega}{H}$
Meßdruck		55	kg
Gewicht (pro Satz)		104	g

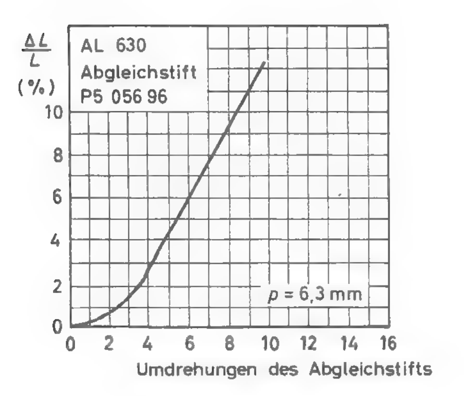


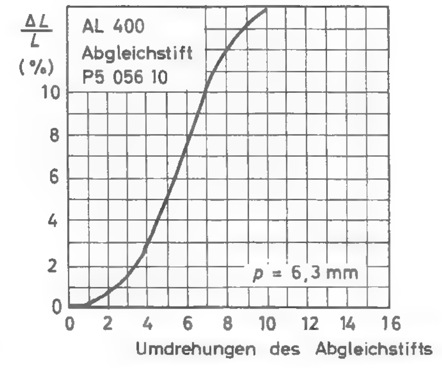
μ_e und A_L (nH) in Abhängigkeit vom Luftspalt s











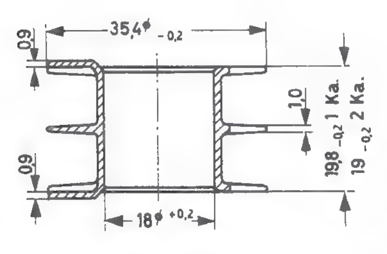
Abgleichbereiche mit den angegebenen Abgleichstiften
bei der angegebenen Tauchtiefe p

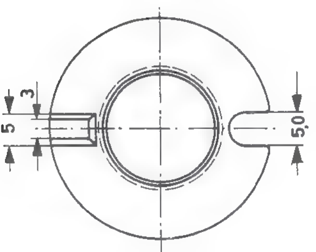
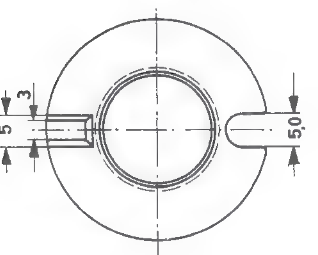


Spulenkörper

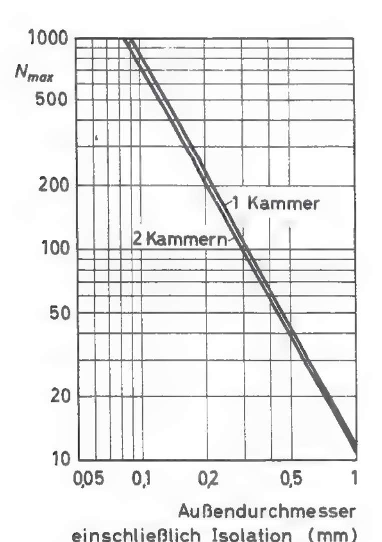
P5 055 60 1 Kammer

P5 055 61 2 Kammern



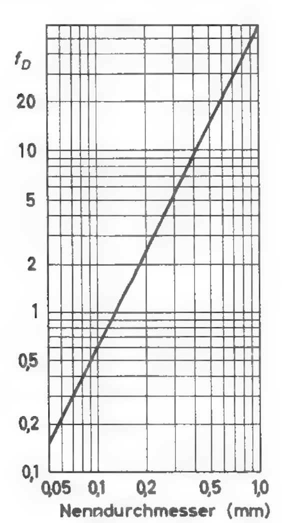
Werkstoff	Makrolon S
Zul. Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	1,35 cm^2, 1 Ka. 2x 0,62 cm^2, 2 Ka.
Mittl. Windungslänge l_W	8,6 cm
Widerstandsfaktor A_R	$24{,}2 \cdot 10^{-6}$ Ω



Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers



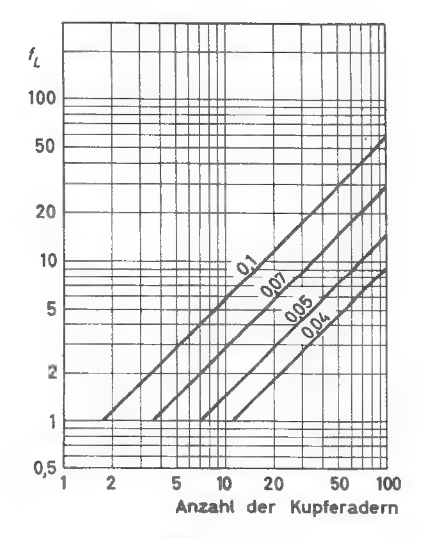
Kupferfüllfaktor f_{Cu}



Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
siehe Allgemeines, Drahttabelle

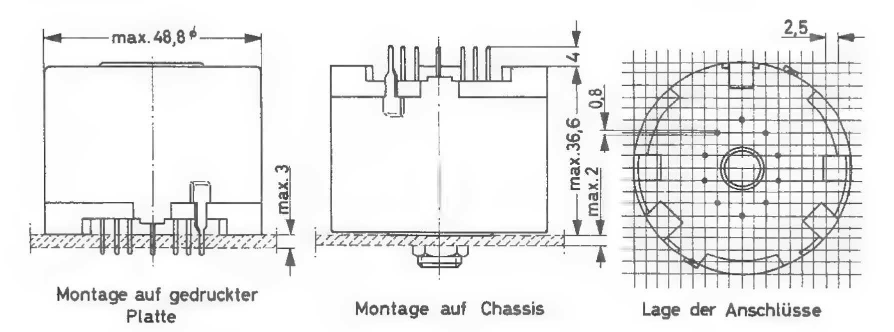


HF-Litze

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
siehe Allgemeines, Drahttabelle

Halterung

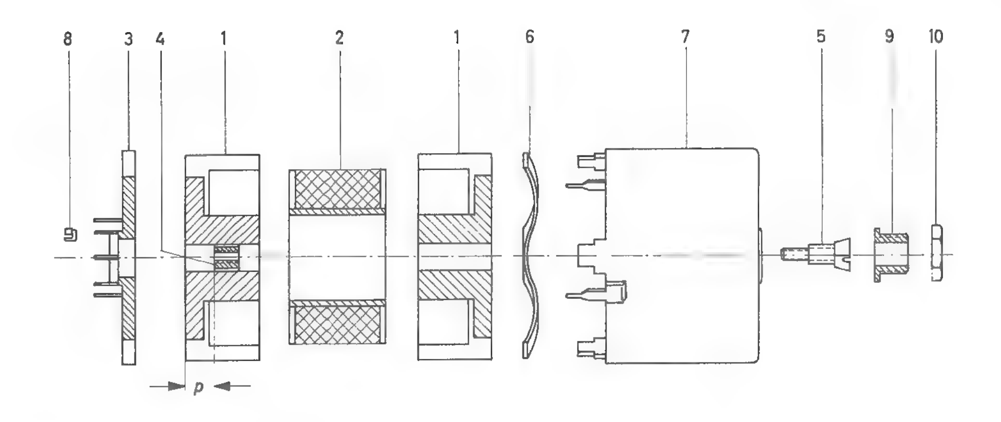


Montage auf gedruckter Platte

Montage auf Chassis

Lage der Anschlüsse





Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FERROXCUBE	Typ angeben
2	P5 055 60	Spulenkörper	Makrolon S	1 Kammer; P5 055 61 2 Kammern
3	P4 057 47	Anschlußplatte	Preßstoff	10 Anschlüsse
4	P5 056 00	Gewindeeinsatz	Makrolon S	eingeklebt, wenn bestellt
5	s. Kerntypen	Abgleichstift	Rilsan	
6	B1 480 33	Federring	Federstahl	rostfrei
7	B1 410 53	Gehäuse	Ms, vernickelt	
8	B1 431 53+)	Lötanschluß	Ms, verzinnt	
9	B1 391 85	Gewindeflansch	Ms, vernickelt	nur für Montage auf Chassisplatte
10	B1 436 53	Mutter	Ms, vernickelt	

+) wird nur bei besonderer Bestellung mitgeliefert

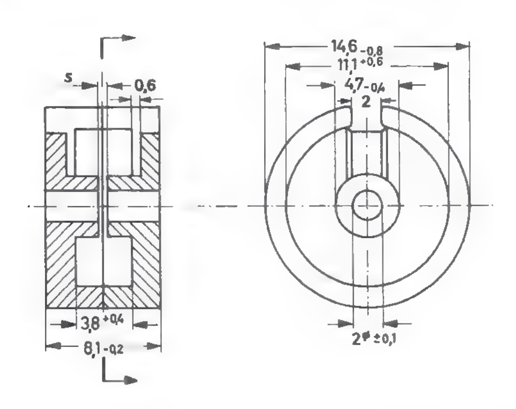


ALLGEMEINES siehe unter entsprechendem Abschnitt vor P-Kern-Typen

S-Schalenkern S 14/8

Kerntypen





Abmessungen für Schalenkerne aus FXC 3B2 und 3E1
(Für Schalenkerne aus FXC 4B1, 4C1, 4E1 auf Anfrage. Spulenkörper und Halterungen passen zu diesen Schalenkernen nicht in jedem Falle).

Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	FXC Sorte	μ_e	α $mH^{-1/2}$	A_L nH	Luftspalt s (mm) Richtwert	Abgleichbereich in % (Abgleichstift B1 925 30)
K3 000 40	3B2	600 ±25 %	30,6	1070	ohne	
K3 000 41	3B2	74 ±3 %	85	138	0,1	ca. 10
K3 000 42	3B2	49 ±2 %	106	89	0,2	ca. 18
K3 000 43	3B2	36 ±2 %	122,5	67	0,3	ca. 26
K3 000 44	3B2	29,5 ±2 %	135	55	0,4	ca. 31
K3 000 30	4B1	204 ±25 %	48,5	426	ohne	keine Angaben
K3 000 32	4B1	40 ±2 %	115,2	75	0,2	Abgleichstift
K3 000 33	4B1	32,5 ±2 %	128,5	60	0,3	B1 925 30 enthält
K3 000 34	4B1	27 ±2 %	141,4	50	0,4	FXC 3B-Stiftkern

Einzelne Schalenkernhälften

Typ	FXC Sorte	Luftspalt s (mm)	A_L (pro Paar) nH	μ_e Richtwerte	α	
56 580 06/3B2	3B2	ohne	1070	600	30,6	
56 580 23/3B2	3B2	0,2 ±0,02				
K5 351 25	3E1	ohne	2200	1230	21,4	Abweichungen
56 580 20/4B1	4B1	ohne	425	225	48,5	von 30 % sind
56 580 21/4C1	4C1	ohne	240	128	64,5	bei A_L möglich
56 580 32/4C1	4C1	0,3 ±0,02				$\alpha = N/\sqrt{L}$
56 580 39/4E1	4E1	ohne	37	14	165	beachten
56 580 23/4E1	4E1	0,2 ±0,02				

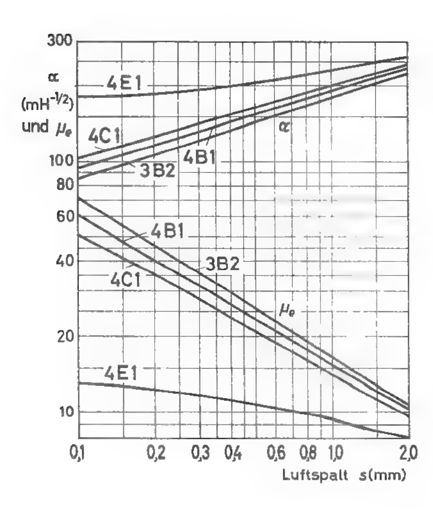


S-Schalenkern S 14/8

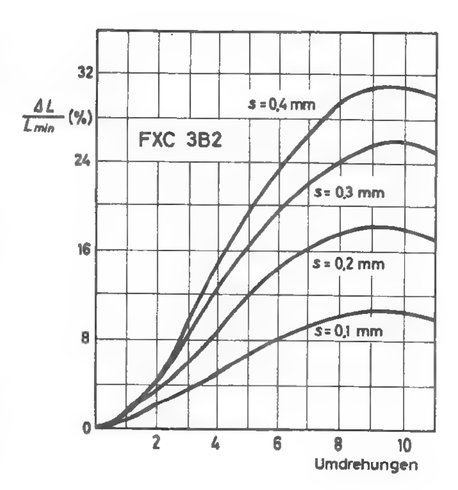
magnetische Daten



Kernkonstante (3B2, 3E1)	$\sum \frac{l}{A}$ = 7,06	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e = 0,27	cm^3
Mittl. Magnetweglänge	l_e = 1,4	cm
Mittl. magn. Querschnitt	A_e = 0,195	cm^2
Meßdruck	6	kg
Gewicht (pro Satz)	3	g



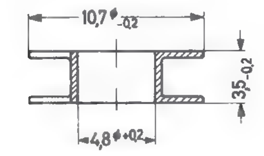
μ_e und α in Abhängigkeit vom Luftspalt s

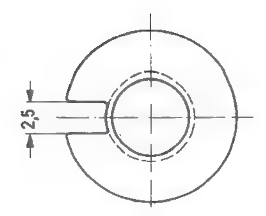


Änderung der Induktivität durch Schraubabgleich mit dem Abgleichstift B1 925 30

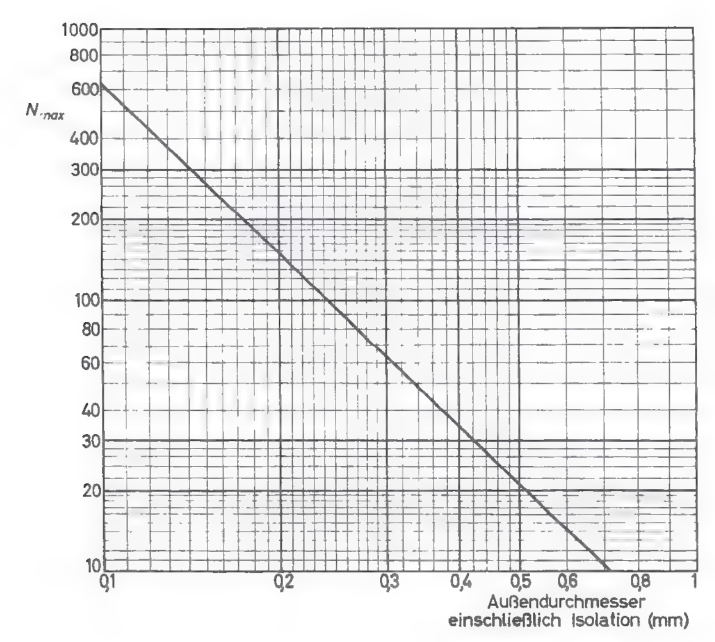


Spulenkörper VA 900 27





Werkstoff	Makrolon S
Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	0,06 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	2,5 cm

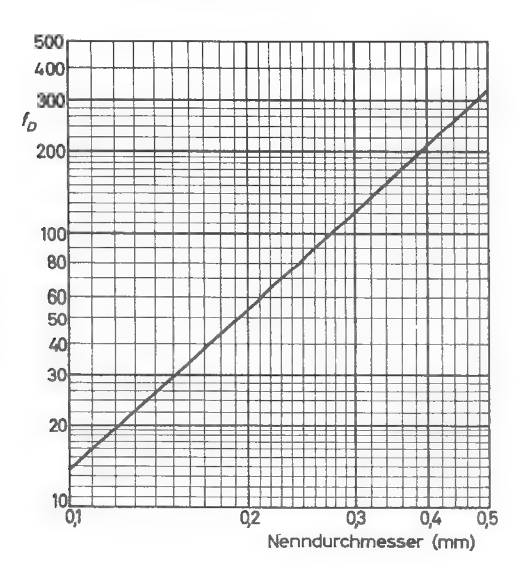


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers





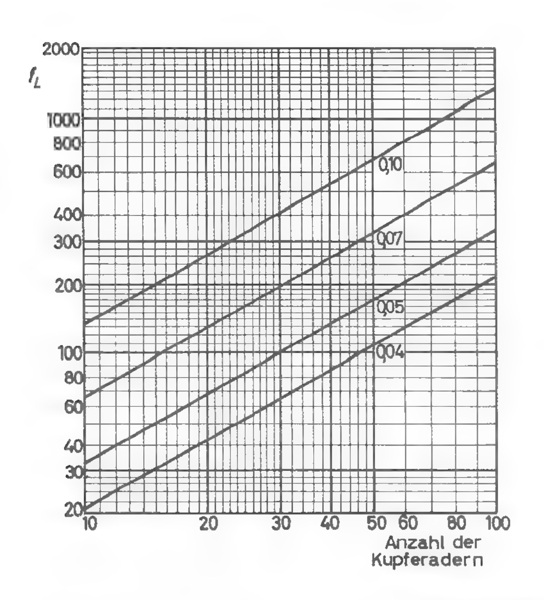
Kupferfüllfaktor f_{Cu}



Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle



HF-Litze

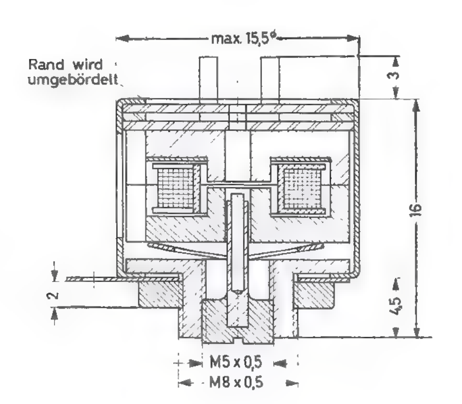
$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

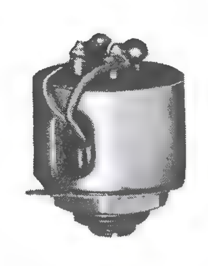
Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle

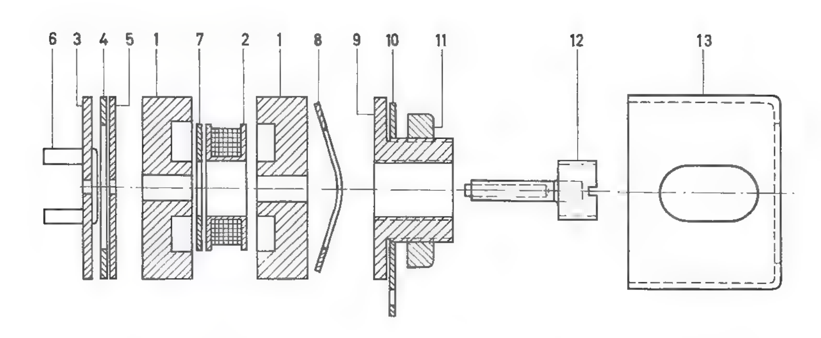
S-Schalenkern S 14/8

Halterung; Zubehörteile









Zusammenstellung aller Zubehörteile

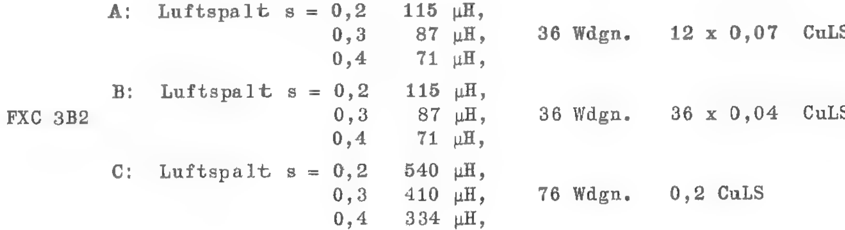
Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Spule	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FXC 3	2	einzeln lieferbar
2	VA 900 27	Spulenkörper	Makrolon S	1	
3	NK 728 93	Anschlußplatte	Hartpapier	1	Teil 3 bis 14 nur geschlossen lieferbar
4	NK 721 08	Distanzring	Hartpapier	1	
5	NK 728 95	Isolierscheibe	Hartpapier	1	
6	NK 300 99	Lötbügel	Cu, verzinnt	2	
7	NK 721 02	Isolierring	Preßspan	1	
8	NA 825 56	Druckring	Federstahl	1	
9	NK 333 28	Flansch	Ms, vernickelt	1	
10	NK 298 11	Lötscheibe	Ms, verzinnt	1	
11	B1 436 53	Mutter M8 x 0,5	Ms, vernickelt	1	
12	B1 925 30	Abgleichstift	Ms und Keramik	1	
13	NK 589 94	Kappe	Ms, vernickelt	1	
14	NK 298 97	Lötfeder	Cu, verzinnt	2	

Spulengüte (Beispiele) in Abhängigkeit von der Frequenz

s = 0,2 mm — s = 0,3 mm — s = 0,4 mm

Q: 40 60 80 100 140 180 220 260 300

f (kHz): 100 200 300 400 600

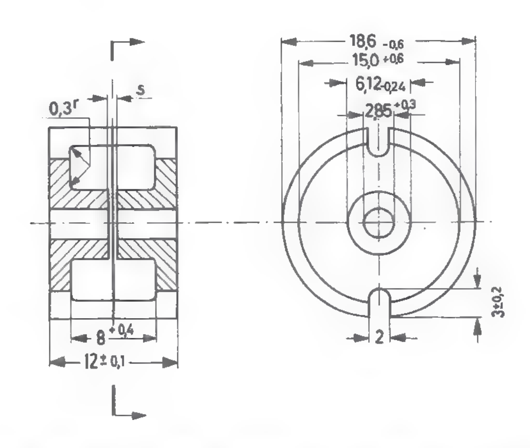


	A:	Luftspalt s = 0,2	115 µH,			
		0,3	87 µH,	36 Wdgn.	12 x 0,07	CuLS
		0,4	71 µH,			
	B:	Luftspalt s = 0,2	115 µH,			
FXC 3B2		0,3	87 µH,	36 Wdgn.	36 x 0,04	CuLS
		0,4	71 µH,			
	C:	Luftspalt s = 0,2	540 µH,			
		0,3	410 µH,	76 Wdgn.	0,2 CuLS	
		0,4	334 µH,			

S-Schalenkern S 18/12

Kerntypen





Abmessungen für Schalenkerne aus FXC 3B und 3E1

Technische Daten

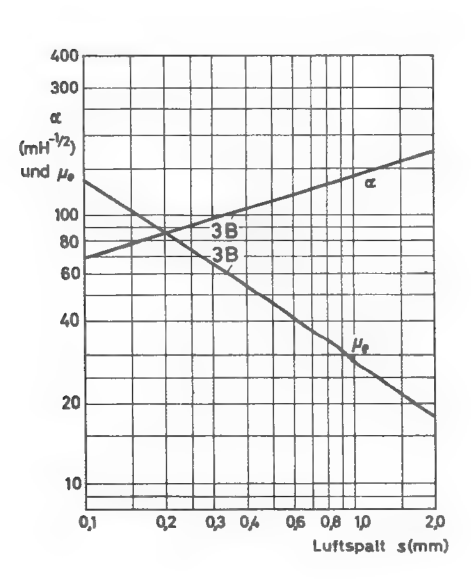
Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	FXC Sorte	μ_e	α $mH^{-1/2}$	A_L nH	Luftspalt s (mm) Richtwert	Abgleichbereich in % (Abgleichstift) P5 055 09)
K3 000 49	3B2	100 ±2 %	79	160	0,16	ca. 5
K3 000 46	3B2	65 ±1 %	96	108	0,3	ca. 7
K3 000 47	3B3	46 ±1,5 %	113	78	0,5	ca. 12
K3 000 45	3B3	28,5±1,5 %	142	49,6	1,0	ca. 17

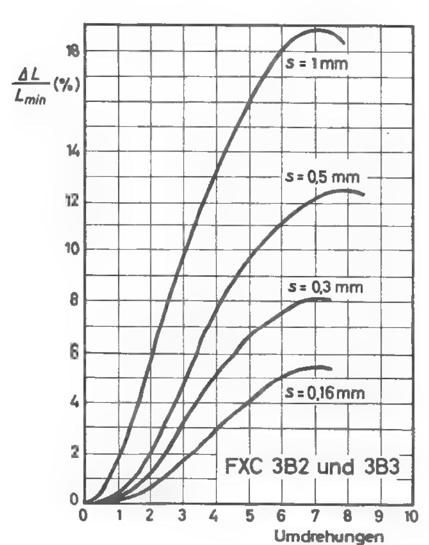
Einzelne Schalenkernhälften

Typ	FXC Sorte	Luftspalt s (mm)	A_L (pro Paar) nH	μ_e Richtwerte	α Richtwerte	
56 580 34/3B2	3B2	ohne	1370	860	27	Abweichungen von 30 % sind bei A_L möglich $\alpha = N/\sqrt{L}$ beachten
56 580 35/3B2	3B2	0,3 ±0,03				
K5 350 66	3E1	ohne	2700	1700	19,1	

Kernkonstante	$\sum \frac{l}{A}$ = 7,95	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e = 0,74	cm^3
Mittl. Magnetweglänge	l_e = 2,35	cm
Mittl. magn. Querschnitt	A_e = 0,3	cm^2
Meßdruck	9	kg
Gewicht (pro Satz)	8,5	g



μ_e und α in Abhängigkeit vom Luftspalt s

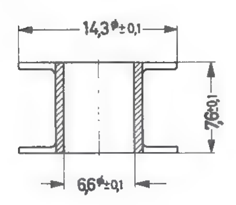


Änderung der Induktivität durch Schraubabgleich mit Abgleichstift P5 055 09

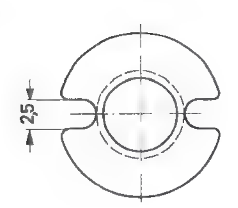
S-Schalenkern S 18/12
Wickeldaten

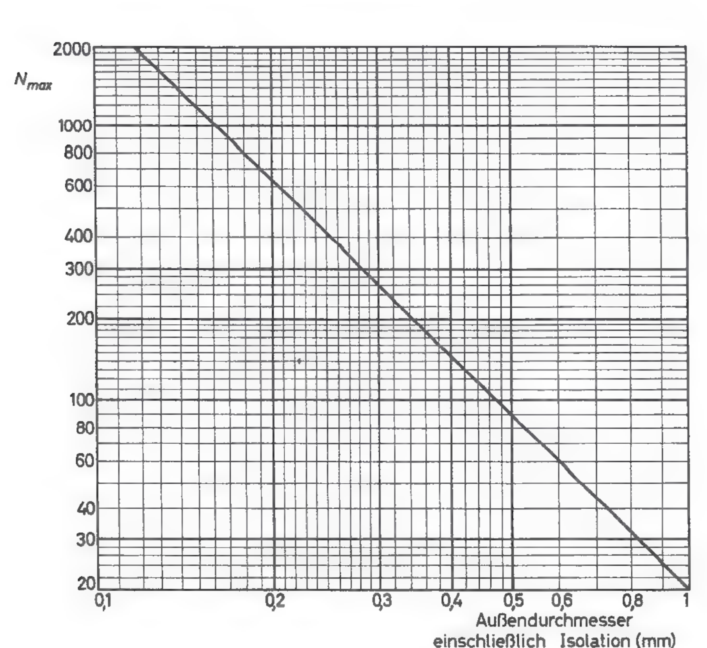


Spulenkörper VA 900 25



Werkstoff	Makrolon S
Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	0,22 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	3,3 cm



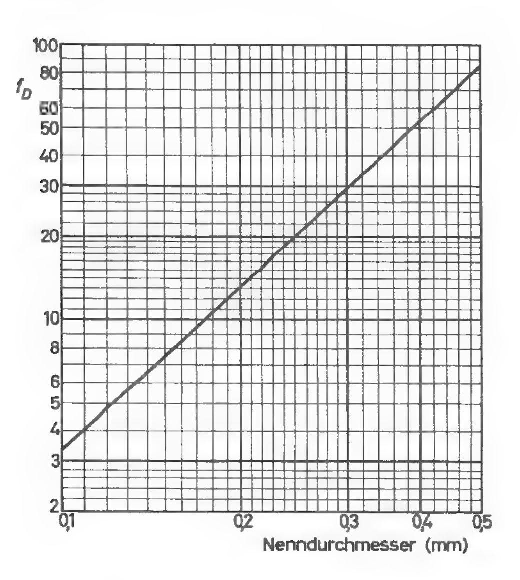


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers





Kupferfüllfaktor f_{Cu}

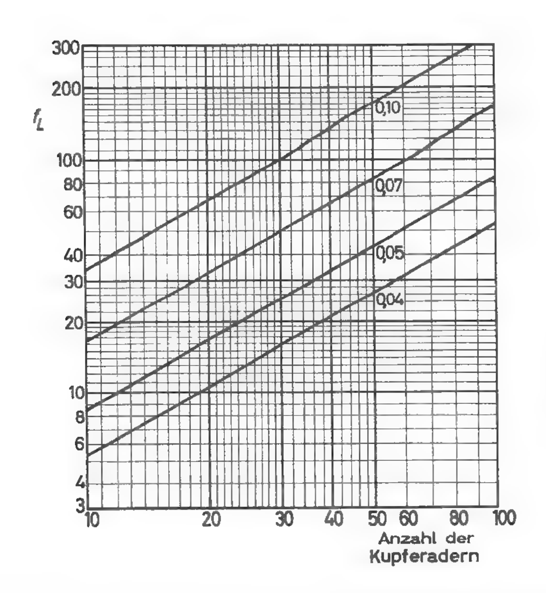


Kupfer-Runddraht

$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",

s. Allgemeines, Drahttabelle



HF-Litze

$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",

s. Allgemeines, Drahttabelle



Halterung; Zubehörteile

Kappe eindrücken

Schalenkern verklebt

auf Boden kleben

max. 26,0

M5 links

M8x 0,5

max. 21,0 ∅

4 1 2 1 3 5 6 7

Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Spule	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FXC 3	2	einzeln lieferbar
2	VA 900 25	Spulenkörper	Makrolon S	1	
3	B1 091 77	Gehäuse	Leichtmetall	1	Teil 3 bis 7 und Teil 8, 9, 10 nur geschlossen lieferbar
4	B1 522 09	Deckel (4Anschl.	Preßstoff K026	1	
5	P5 055 09	Abgleichstift	Polyamid	1	
6	NK 298 11	Lötscheibe	Ms, verzinnt	1	
7	B1 436 53	Mutter M8 x 0,5	Ms, vernickelt	1	
8	B1 465 74	Stift m. Gew.M3	St, cadmiert	1	
9	B1 161 57	Scheibe	St, cadmiert	1	
10	B 020ED/3	Mutter M3	Ms, cadmiert	1	

Teile 8, 9 und 10 nur für Montage. Sie können immer wieder benutzt werden. (nicht abgebildet)

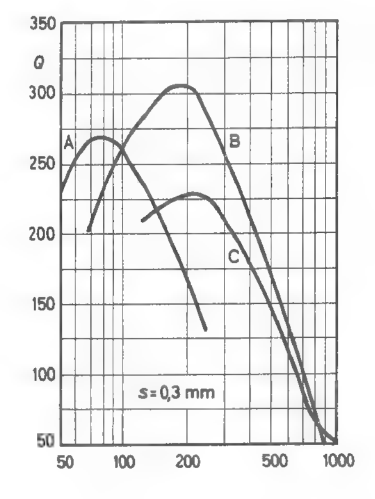


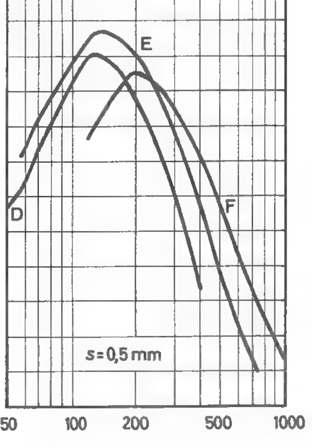


S-Schalenkern S 18/12

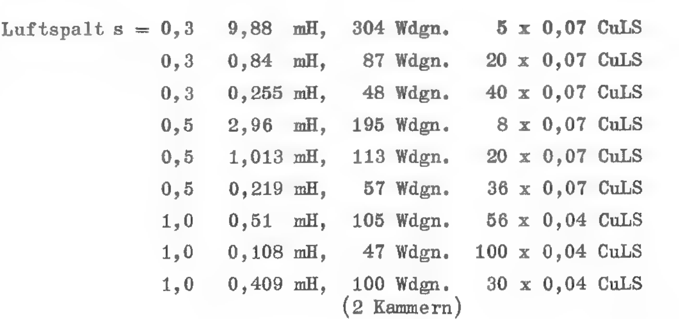
Gütekurven

Spulengüte (Beispiele) in Abhängigkeit von der Frequenz



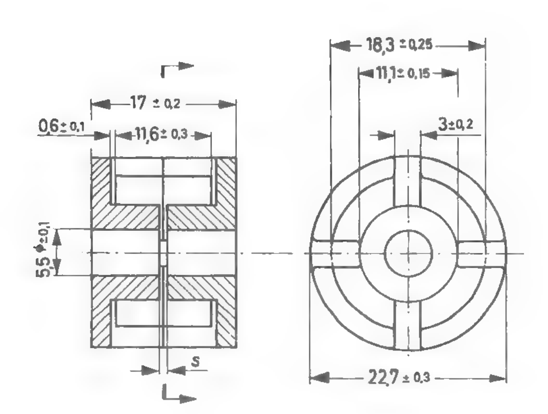


G
H
K
s = 1 mm
70 100 200 500 1000
f (kHz)



A:	Luftspalt s =	0,3	9,88 mH,	304 Wdgn.	5 x 0,07 CuLS
B:		0,3	0,84 mH,	87 Wdgn.	20 x 0,07 CuLS
C:		0,3	0,255 mH,	48 Wdgn.	40 x 0,07 CuLS
D:		0,5	2,96 mH,	195 Wdgn.	8 x 0,07 CuLS
E:		0,5	1,013 mH,	113 Wdgn.	20 x 0,07 CuLS
F:		0,5	0,219 mH,	57 Wdgn.	36 x 0,07 CuLS
G:		1,0	0,51 mH,	105 Wdgn.	56 x 0,04 CuLS
H:		1,0	0,108 mH,	47 Wdgn.	100 x 0,04 CuLS
K:		1,0	0,409 mH,	100 Wdgn. (2 Kammern)	30 x 0,04 CuLS





Schalenkerne S 23/17 werden nur in vorabgeglichener Ausführung geliefert

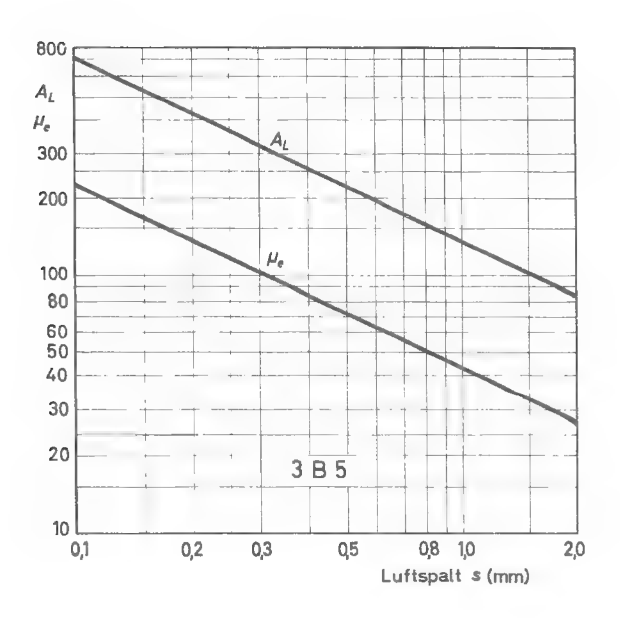
Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	Ausführung	A_L nH	FXC Sorte	μ_e (Richtwerte)	Luftspalt s (mm) (Richtwerte)
VK 242 53	S 23/17-3B5-o.L.	3700±25 %	3B5	1180	0
VK 242 52	S 23/17-3B5-AL 400	400 ±2 %	3B5	128	0,2
VK 242 50	S 23/17-3B5-AL 250	250 ±3 %	3B5	80	0,4
VK 242 51	S 23/17-3B5-AL 160	160 ±3 %	3B5	51	0,8
VK 242 41	S 23/17-3E1-o.L.	5300±25 %	3E1	1910	0
VK 242 42	S 23/17-3E1-AL 1250	1250±10 %	3E1	400	0,06

Halterungsteile und Abgleicheinrichtung zu diesem Schalenkern auf Anfrage

Kernkonstante	$\sum \frac{l}{A}$	$= 4{,}0$ cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e	$= 3{,}3$ cm^3
Mittl. Magnetweglänge	l_e	$= 3{,}6$ cm
Mittl. magn. Querschnitt	A_e	$= 0{,}91$ cm^2

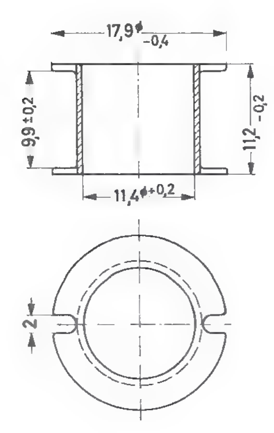


μ_e und A_L in Abhängigkeit vom Luftspalt s

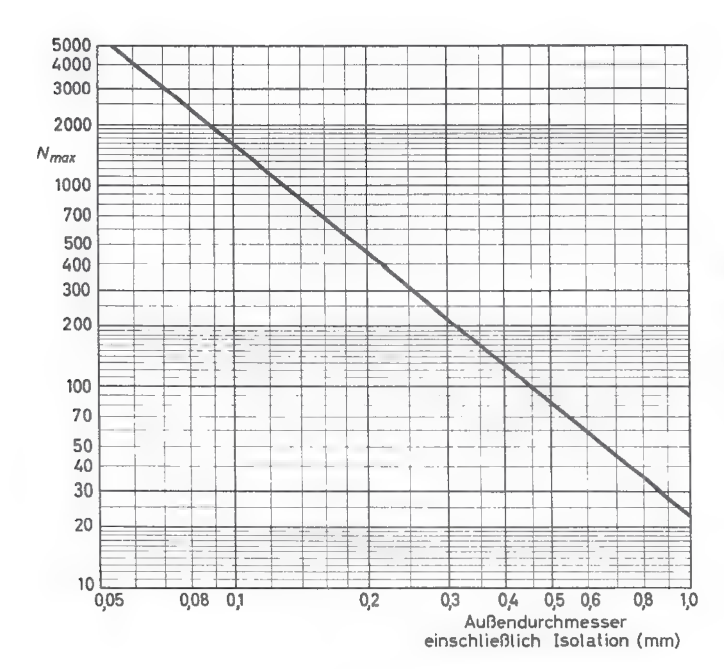
S-Schalenkern S 23/17
Wickeldaten



Spulenkörper VA 900 34
(nach DIN 41 288)



Werkstoff	Polystyrol EH
Temperaturbereich	-40 bis +85 °C
Wickelquerschnitt W	0,21 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	4,6 cm

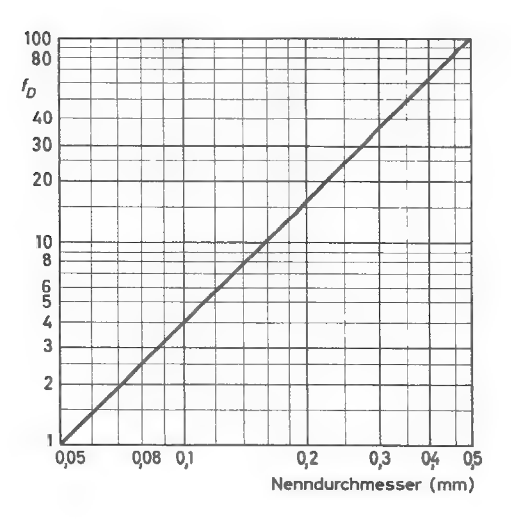


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers





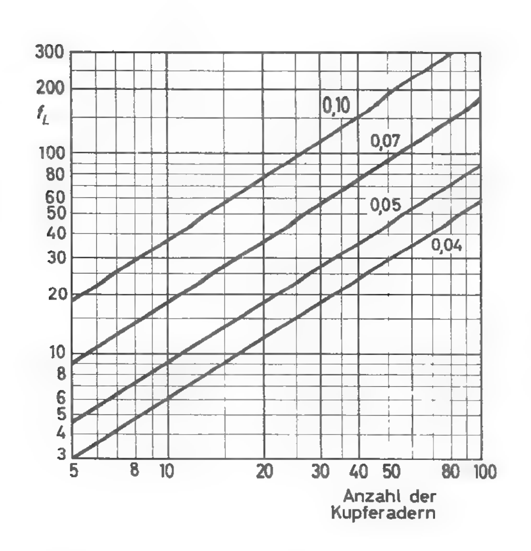
Kupferfüllfaktor f_{Cu}



Kupfer-Runddraht

$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle

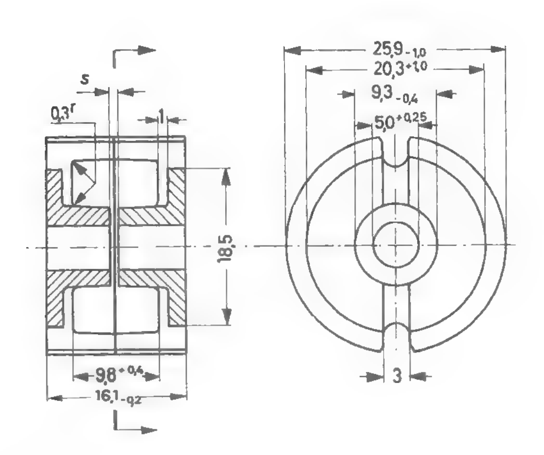


HF-Litze

$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle





Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

Typ	FXC Sorte	μ_e	α $mH^{-1/2}$	A_L nH	Luftspalt s (mm) Richtwert	Abgleichbereich in % (Abgleichstift P5 055 11)
K3 000 61	3B2	150±3 %	49	417	0,14	ca. 3,7
K3 000 62	3B2	100±2,5 %	60	278	0,23	ca. 6
K3 000 63	3B2	80±2 %	67	223	0,32	ca. 8
K3 000 64	3B3	60±1,5 %	77,5	166,5	0,47	ca. 11

Einzelne Schalenkernhälften

Typ	FXC Sorte	Luftspalt s (mm)	A_L (pro Paar) nH	μ_e Richtwerte	α Richtwerte	
56 580 40/3B2	3B2	ohne	2400	880	20,3	Abweichungen von 30 % sind bei A_L möglich $\alpha = N/\sqrt{L}$ beachten
56 580 41/3B2	3B2	0,2 ±0,015				
K5 350 00	3E1	ohne	4950	1860	14,2	

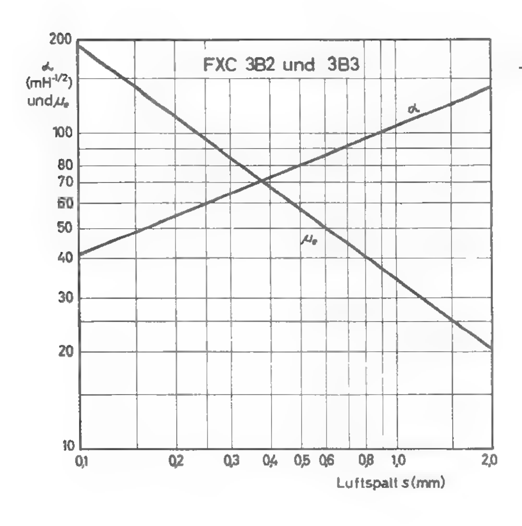




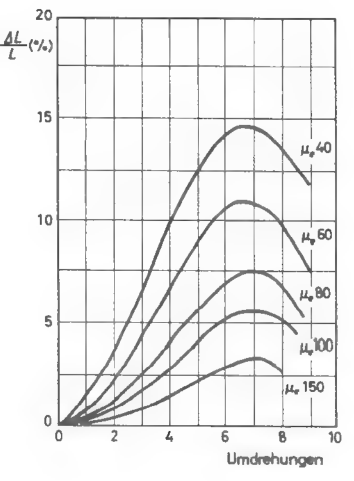
S-Schalenkern S 25/16

magnetische Daten

Kernkonstante	$\sum\frac{l}{A}$ = 4,7	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e = 1,9	cm^3
Mittl. Magnetweglänge	l_e = 3,0	cm
Mittl. magn. Querschnitt	A_e = 0,63	cm^2
Meßdruck	20	kg
Gewicht (pro Satz)	22,5	g



μ_e und α in Abhängigkeit vom Luftspalt s

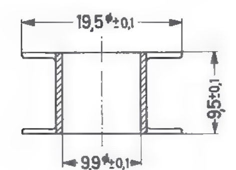


Änderung der Induktivität durch Schraubabgleich mit dem Abgleichstift P5 056 01

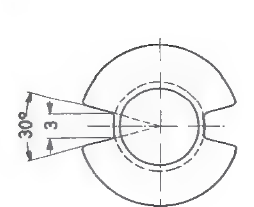
S-Schalenkern S 25/16
Wickeldaten

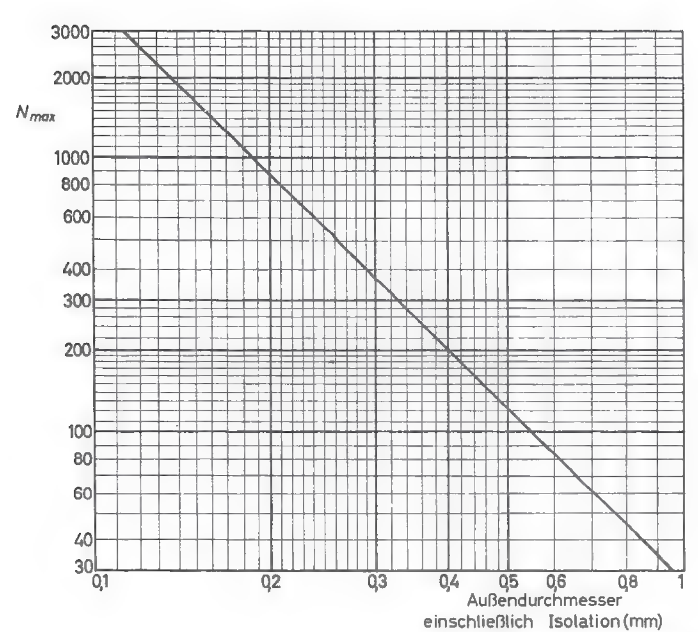


Spulenkörper VA 900 23



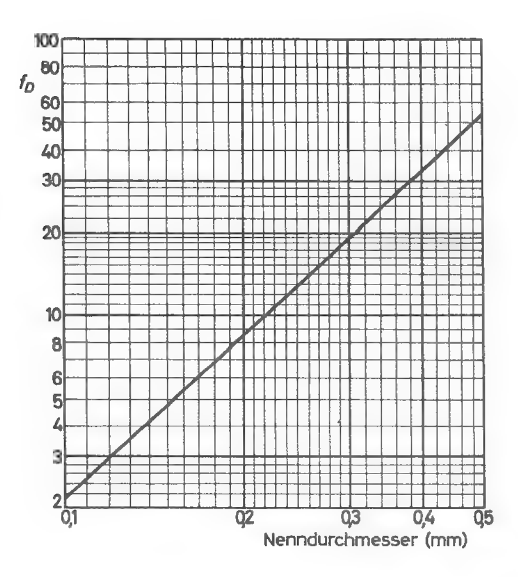
Werkstoff	Makrolon S
Temperaturbereich	-50 bis +120 °C
Wickelquerschnitt W	0,36 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	4,6 cm





Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers

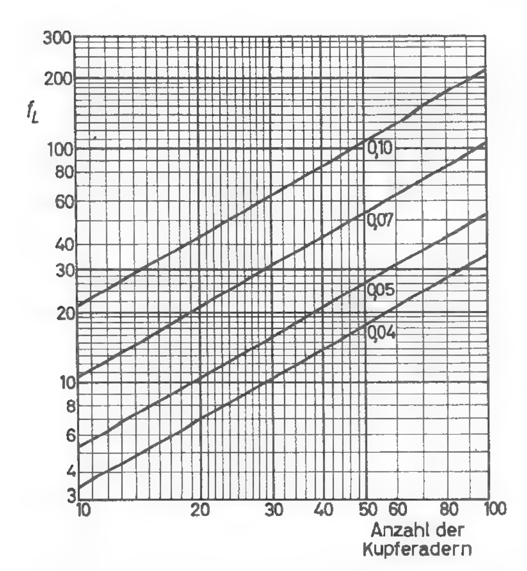
Kupferfüllfaktor f_{Cu}



Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle



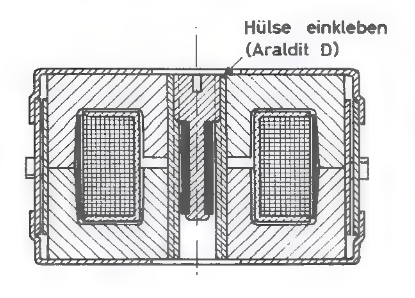
HF-Litze

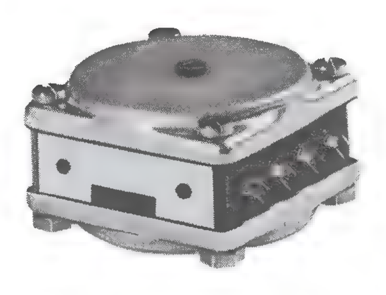
$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

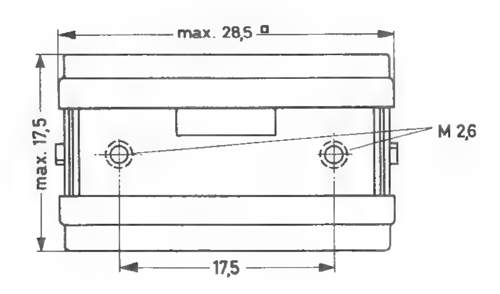
Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle

S-Schalenkern S 25/16
Halterung; Zubehörteile

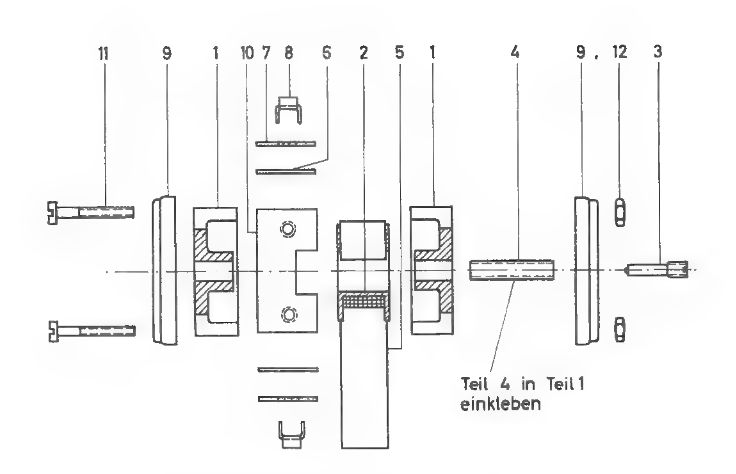








Kleinste Induktivität bei nach unten durchgedrehtem Abgleichstift

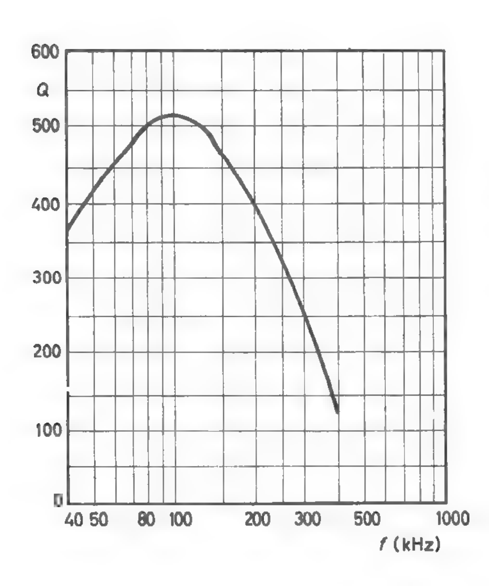


Zusammenstellung aller Zubehörteile



Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Spule	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FXC 3	2	einzeln lieferbar
2	VA 900 23	Spulenkörper	Makrolon S	1	
3	P5 056 01	Abgleichstift M4li	Polyamid	1	Teil 5 bis 12 nur geschlossen lieferbar
4	P5 055 12	Gew. Hülse M4 li.	Polyamid	1	
5	NK 732 54	Isolierstreifen	Preßspan	1	
6	NK 727 27	Isolierplatte	Hartpapier	2	
7	NK 727 26	Anschlußplatte	Hartpapier	2	
8	NF 384 45	Lötanschluß	Ms, verzinnt	4 (8)	
9	B1 089 17	Halterungsdeckel	St, vernickelt	2	
10	NK 576 56	Montageplatte	St, cadmiert	1	
11	B054ED/2x15	M2 x 15 DIN 84	St, vernickelt	4	
12	B 020 ED/2	Mutter M2 DIN 934	Ms, vernickelt	4	

Spulengüte (Beispiel) in Abhängigkeit von der Frequenz



FXC 3B3

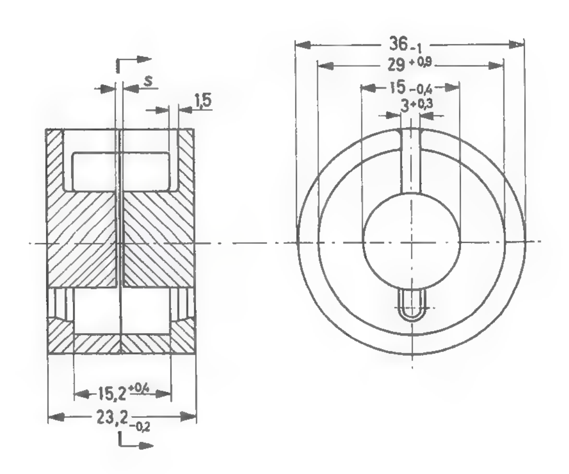
Luftspalt s ca. 0,47 mm

μ_e = 60

L = 3,2 mH, 130 Wdgn

20 x 0,07 CuLS





Technische Daten

Vorabgeglichene Schalenkernsätze

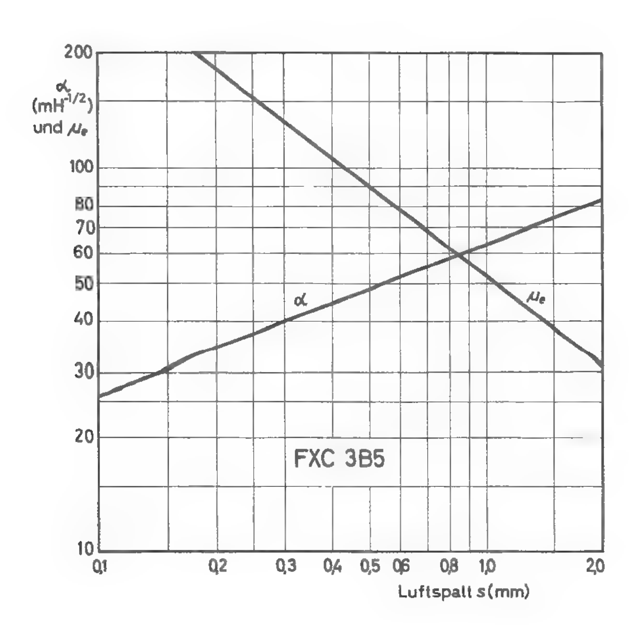
Typ	FXC Sorte	μ_e	α $mH^{-1/2}$	A_L nH	Luftspalt s (mm) Richtwert	
K3 001 04	3B5	200 ±3 %	32	977	0,18	keine Abgleichmöglichkeit
K3 001 02	3B5	125 ±2 %	41	595	0,33	
K3 001 01	3B5	100 ±1,5 %	46	473	0,45	

Einzelne Schalenkernhälften

Typ	FXC Sorte	Luftspalt s (mm)	A_L (pro Paar) nH	μ_e Richtwerte	α Richtwerte	
K5 350 20	3B5	ohne	6400	1350	12,5	Abweichungen von 30 % sind bei A_L möglich $\alpha = N/\sqrt{L}$ beachten
K5 350 21	3E1	ohne	10600	2250	9,7	



Kernkonstante	$\sum \frac{l}{A} =$ 2,54	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e = 11,3	cm^3
Mittl. Magnetweglänge	l_e = 5,36	cm
Mittl. magn. Querschnitt	A_e = 2,1	cm^2
Meßdruck	40	kg
Gewicht (pro Satz)	70	g

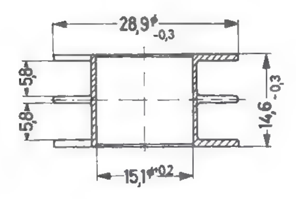


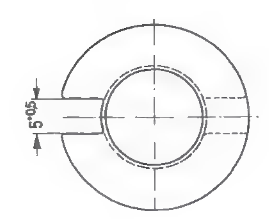
μ_e und α als Funktion der Luftspaltlänge

S-Schalenkern S 35/23
Wickeldaten

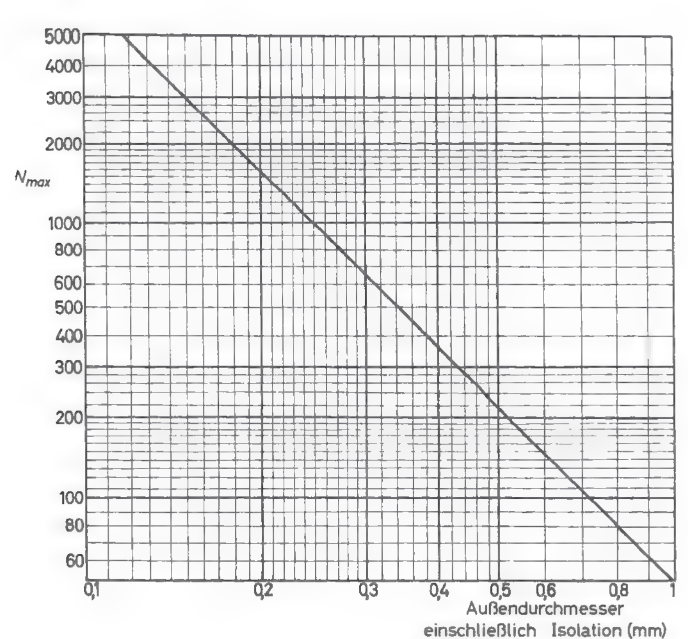


Spulenkörper VA 900 28
zwei Kammern





Werkstoff	Preßstoff Typ 31.5 DIN 7708
Temperaturbereich	-50 bis +140 °C
Wickelquerschnitt W	0,71 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	6,7 cm

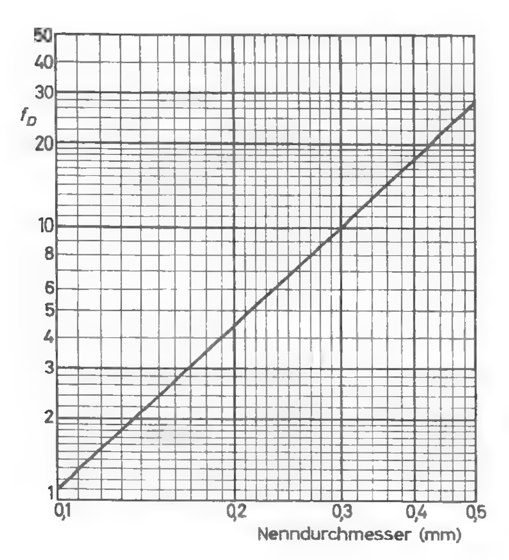


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers





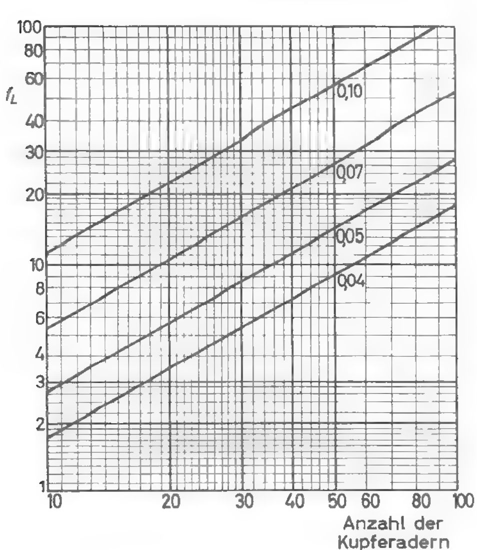
Kupferfüllfaktor f_{Cu}



Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle

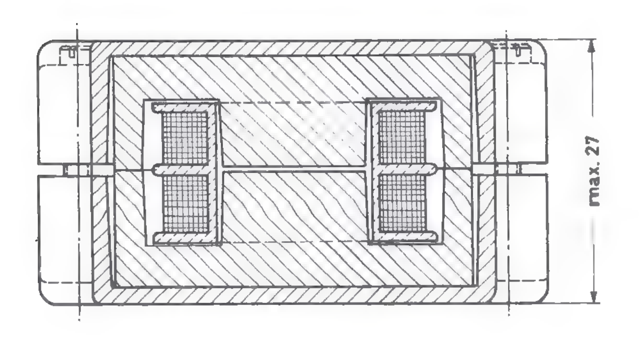


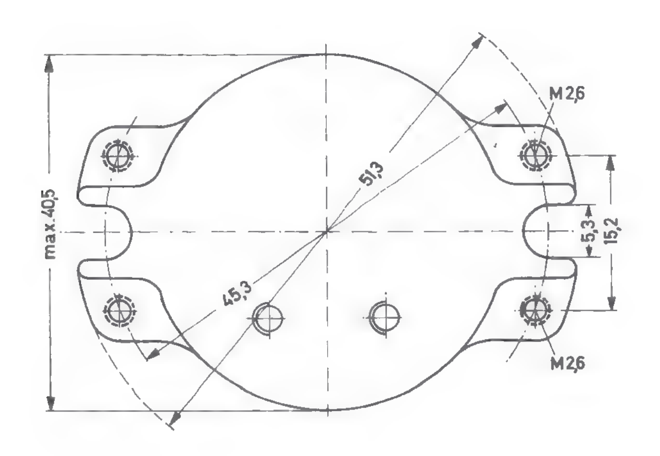
HF-Litze

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

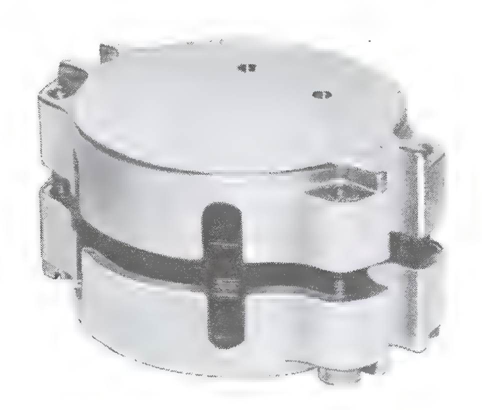
Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle

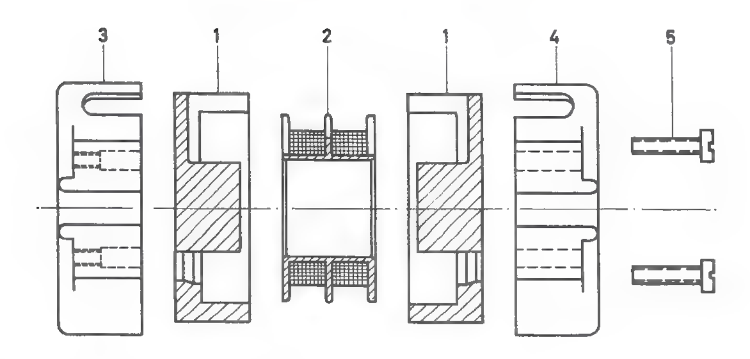

VALVO


max. 27


M2,6
51,3
max.40,5
5,3
15,2
45,3
M2,6



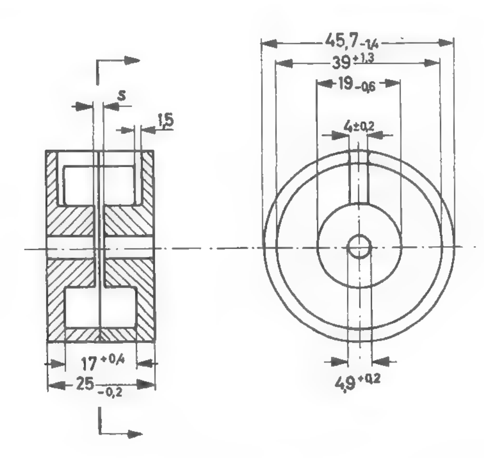




Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Spule	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Schalenkern	FXC 3	2	einzeln lieferbar
2	VA 900 28	Spulenkörper	Preßstoff Typ 31.5 DIN 7708	1	
3	B1 088 32	Halterungsdeckel	Spritzguß AL Si 13	1	
4	B1 088 33	Halterungsdeckel		1	
5	B054ED/2,6x20	Schraube M2,6 x 20 DIN 84	St, vernickelt	4	





Für diesen Schalenkern sind keine Halterungen lieferbar

Technische Daten

Vorabgeglichener Schalenkernsatz

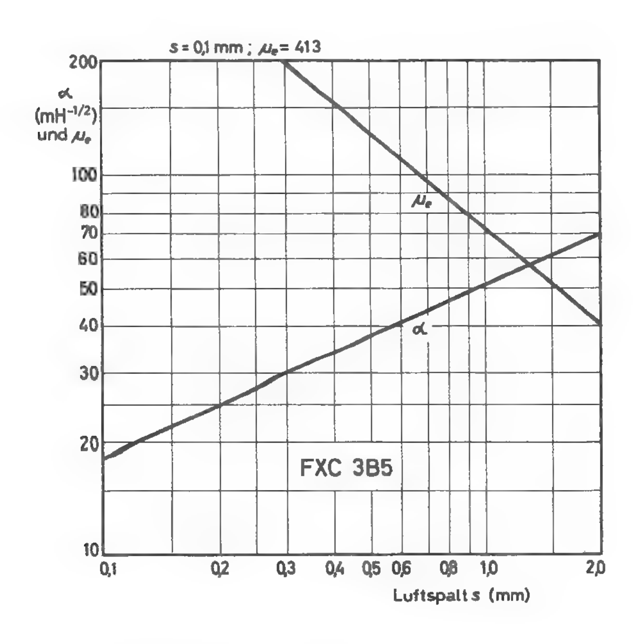
Typ	FXC Sorte	μ_e	α $mH^{-1/2}$	A_L nH	Luftspalt s (mm) Richtwert	
K3 001 23	3B5	160 ±2 %	33	918	0,35	keine Abgleicheinrichtung lieferbar

Einzelne Schalenkernhälften

Typ	FXC Sorte	Luftspalt s (mm)	A_L (pro Paar) nH	μ_e Richtwerte	α Richtwerte	
K5 350 55	3B5	ohne	7600	1330	11,5	Abweichungen von 30 % sind bei A_L möglich $\alpha = N/\sqrt{L}$ beachten



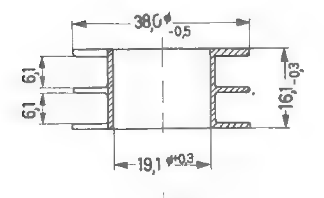
Kernkonstante	$\sum \frac{l}{A}$ = 2,23	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e = 19,0	cm^3
Mittl. Magnetweglänge	l_e = 6,5	cm
Mittl. magn. Querschnitt	A_e = 2,9	cm^2
Meßdruck	45	kg
Gewicht (pro Satz)	105	g

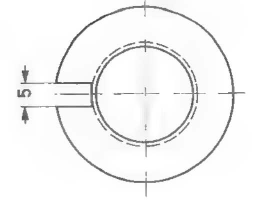


μ_e und α als Funktion der Luftspaltlänge

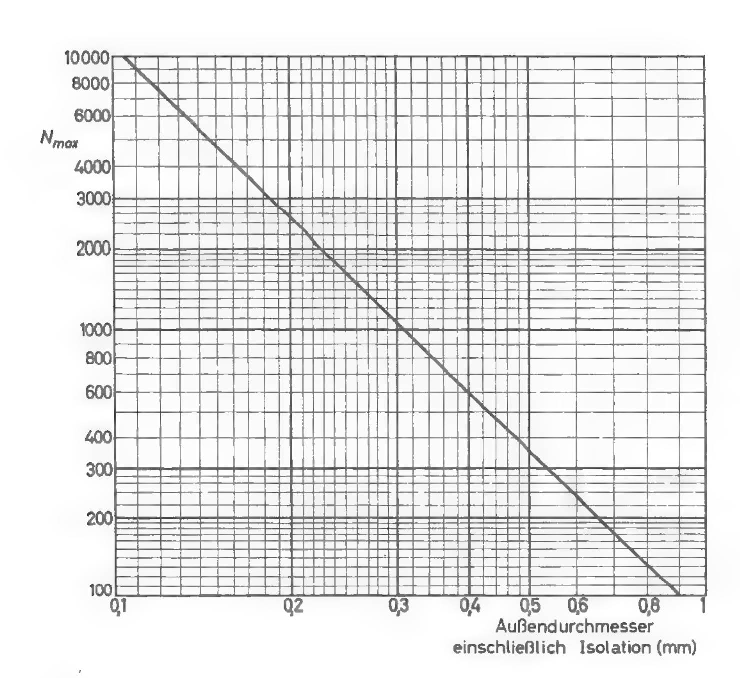


Spulenkörper VA 900 29
zwei Kammern



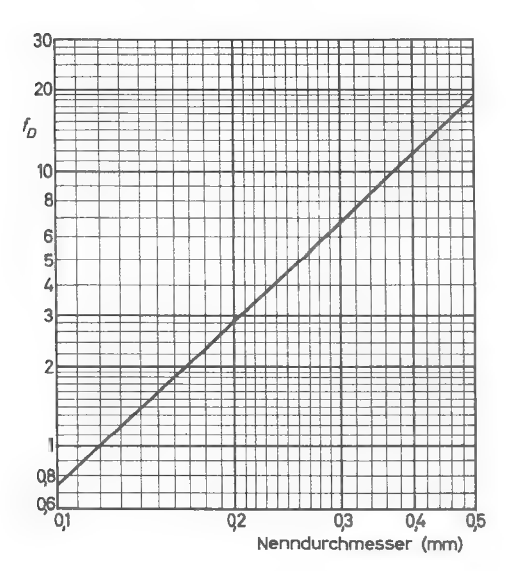


Werkstoff	Preßstoff Typ 31 DIN 7708
Temperaturbereich	-50 bis +140 °C
Wickelquerschnitt W	1,05 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	9,1 cm



Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers

Kupferfüllfaktor f_{Cu}

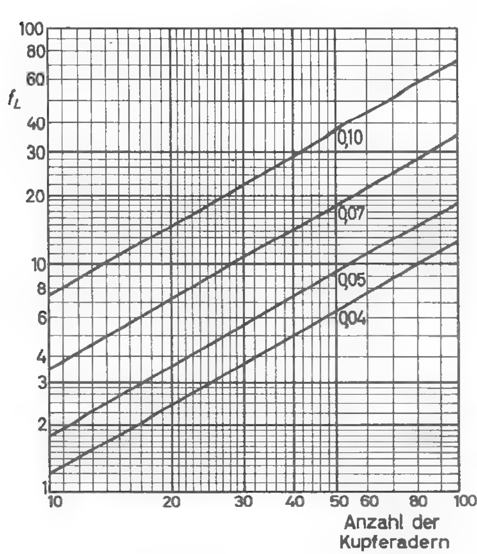


Kupfer-Runddraht

$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",

s. Allgemeines, Drahttabelle



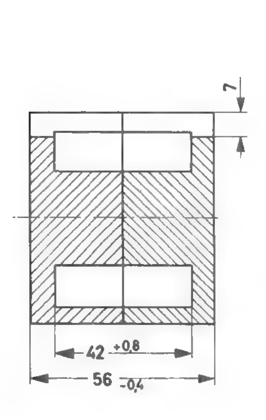
HF-Litze

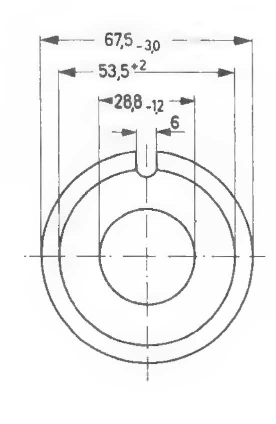
$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",

s. Allgemeines, Drahttabelle







Für diesen Schalenkern sind keine Halterungen lieferbar

Technische Daten

Vorabgeglichener Schalenkernsatz

Typ	Ausführung	A_L nH	FXC Sorte	μ_e Richtwert	
K3 019 95	S 66/56-3E1-AL 3000	3000±5 %	3E1	400	nicht abgleichbar

Einzelne Schalenkernhälften

Typ	FXC Sorte	A_L (pro Paar) nH	μ_e Richtwert	
K5 350 11	3E1	19700	2630	Abweichungen von 30 % sind bei A_L möglich $\alpha = N/\sqrt{L}$ beachten

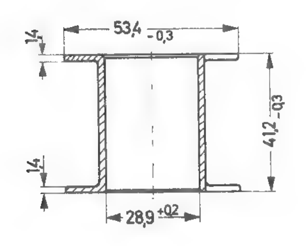


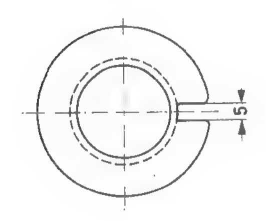
S-Schalenkern S 66/56

magnetische Daten

Kernkonstante	$\sum \frac{l}{A}$ = 1,68 cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e = 92,4 cm^3
Mittl. Magnetweglänge	l_e = 12,5 cm
Mittl. magn. Querschnitt	A_e = 7,4 cm^2
Meßdruck	140 kg
Gewicht (pro Satz)	565 g

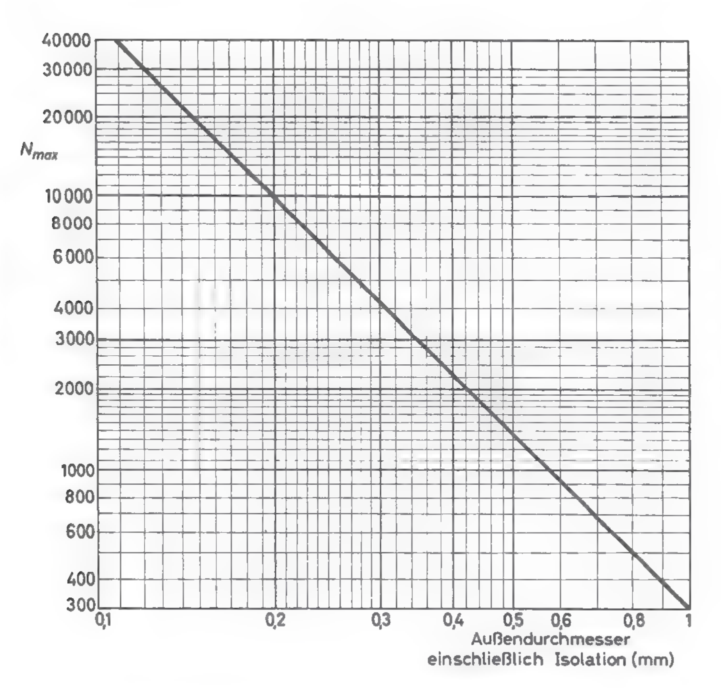
Spulenkörper P4 564 71



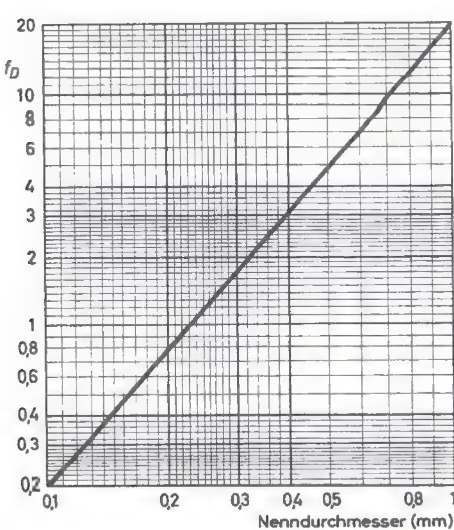


Werkstoff	Preßstoff K 026, ähnlich Typ 31.5 DIN 7708
Temperaturbereich	-50 bis +140 °C
Wickelquerschnitt W	4,0 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	13,2 cm





Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers



Kupferfüllfaktor f_{Cu}

Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle



Topfkerne der D-Reihe bestehen aus Ringkernen, Mittelkernen und Deckplatten. Um ein Verschieben des Mittelkernes in der fertigen Topfkernspule zu vermeiden, ist es erforderlich, den Mittelkern auf eine der Platten zentrisch aufzukleben. Bei Gesamtluftspalt über ca. 1 mm ist zur Erreichung einer hohen Spulengüte und zur Symmetrierung der Luftspalt symmetrisch anzuordnen. Dazu wird der Mittelkern mit einer Isolierplatte als Zwischenlage auf eine der Ferroxcube-Platten aufgeklebt. Die beiden Seiten der Topfkernplatten sind verschieden geschliffen. Bei der Montage ist zu beachten, daß die mit dem Stempel versehene Seite, die den weniger guten Schliff aufweist, stets außen liegt.

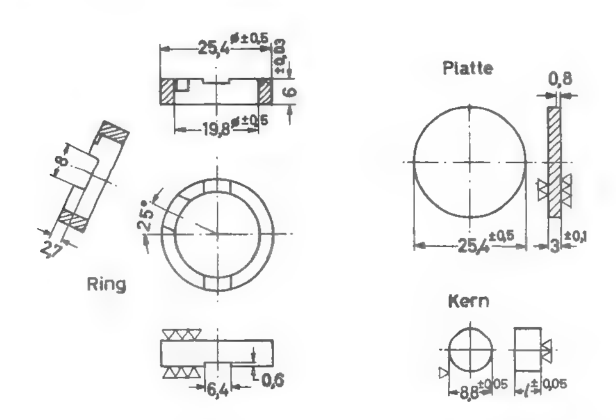
Bei den Topfkernen D 25/12, D 25/16, D 36/22 N und D 45/39 ist eine Induktivitätsabgleich mittels Kunststoffstreifen möglich. Diese Streifen tragen eine FXC-Schicht steigender Dicke und werden durch den Luftspalt gezogen. Um die Streifen in den zusammengebauten Topfkern einlegen zu können, ist bei der Montage zu beachten, daß die Schlitze in den Halterungsdeckeln mit den Nuten im Topfkernring und im Spulenkörper in einer Richtung liegen. Bei einer evtl. Imprägnierung der Topfkerne ist in diese Nut ein Messingstreifen entsprechend den Abmessungen der Kunststoffstreifen einzulegen. Kurz vor der Erstarrung des Imprägniermittels muß der Messingstreifen entfernt werden.

Die Spulenkörper aus Hostaform C können mit „Pattex" auf den Boden einer Topfkernplatte geklebt werden.

Für Neuentwicklungen sind tunlichst keine Topfkerne, sondern stets Schalenkerne, möglichst Schalenkerne der P-Reihe, vorzusehen. Falls Topfkerne aus einem bestimmten Grund erforderlich sind, bitten wir möglichst eine der vorabgeglichenen Ausführungen des Typs D 25/16 oder D 36/22 N zu wählen. Bei den vorabgeglichenen Ausführungen wird eine enge Induktivitätstoleranz (bzw. μ_e-Toleranz) garantiert. Die angegebenen A_L- bzw. α-Werte gelten ebenso wie die Toleranz von μ_e nur für vollgewickelte Spulen.
Die nicht vorabgeglichenen Topfkerne werden einzeln in ihren Teilen geliefert. Die Größe des Luftspaltes ist bei dieser Ausführung durch Verkürzen des Mittelkernes festgelegt. Hierbei ist die Toleranz in der Höhe des Topfkernringes und des Mittelkernes zu beachten. Garantien für die Einhaltung einer bestimmten Induktivitätstoleranz können bei Topfkernen, die in Einzelteilen bezogen werden, nicht gegeben werden.


VALVO





Dieser Topfkern ist nicht in vorabgeglichener Ausführung lieferbar. Die bestimmende Größe ist die Kernlänge l bzw. der Luftspalt s

Technische Daten

Nicht vorabgeglichene Topfkernsätze

Typ	FXC Sorte	Luftspalt s (mm)	Kernlänge l (mm)	A_L nH	μ_e Richtwerte	α $mH^{-1/2}$ Richtwerte	Abgleichstreifen +) Typ	Abgleichstreifen +) Kennf.
D 25/12-6,00-3B2	3B2	0	6,00					
D 25/12-5,85-3B2	3B2	0,15	5,85	495	125	45		
D 25/12-5,65-3B2	3B2	0,35	5,65	238	60	65	NK 307 89	grün
D 25/12-5,40-3B2	3B2	0,60	5,40	152	38	81	NK 307 89	grün
D 25/12-4,75-3B3	3B3	1,25	4,75	88,5	21	107	NK 307 88	rot

Einzelne Topfkernteile

Artikel	Typ	FXC-Sorte	für Luftspalt s (mm)
Platte	56 500 52/3B2 (=VK 249 02)	3B2	
Ring	56 590 23/3B2 (=VK 249 10)	3B2	
Kern 5,85	56 630 29/3B2 (=VK 249 51)	3B2	0,15
Kern 5,65	56 630 25/3B2 (=VK 249 52)	3B2	0,35
Kern 5,4	56 630 28/3B2 (=VK 249 53)	3B2	0,60
Platte	56 500 52/3B3 (=VK 249 03)	3B3	
Ring	56 590 23/3B3 (=VK 249 12)	3B3	
Kern 4,75	56 630 24/3B3 (=VK 249 60)	3B3	1,25

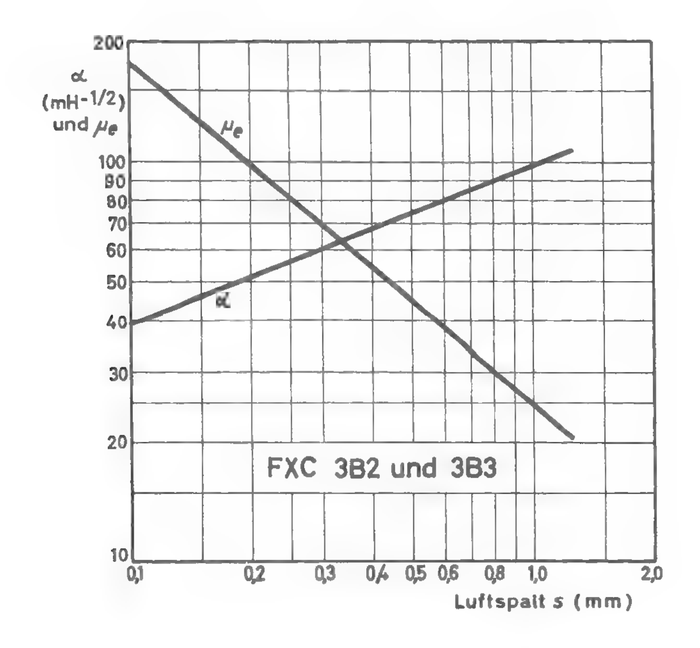
+) Siehe Abschnitt Abgleichstreifen für Topfkerne

D-Topfkern D 25/12

magnetische Daten



Magn. Formkonstante	$\sum\frac{l}{A}$ =	3,2	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e =	2,35	cm^3
Mittl. magn. Weglänge	l_e =	2,75	cm
Mittl. magn. Kernquerschnitt	A_e =	0,85	cm^2
Meßdruck		18	kg
Gewicht (pro Satz)		22	g

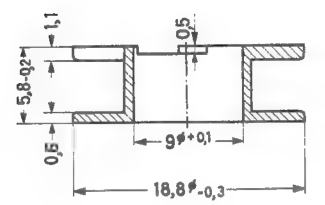


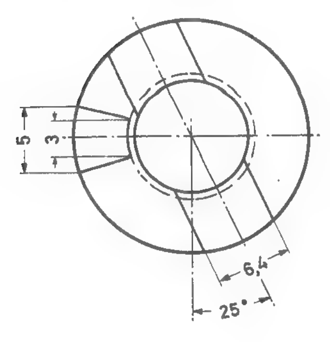
μ_e und α als Funktion der Luftspaltlänge





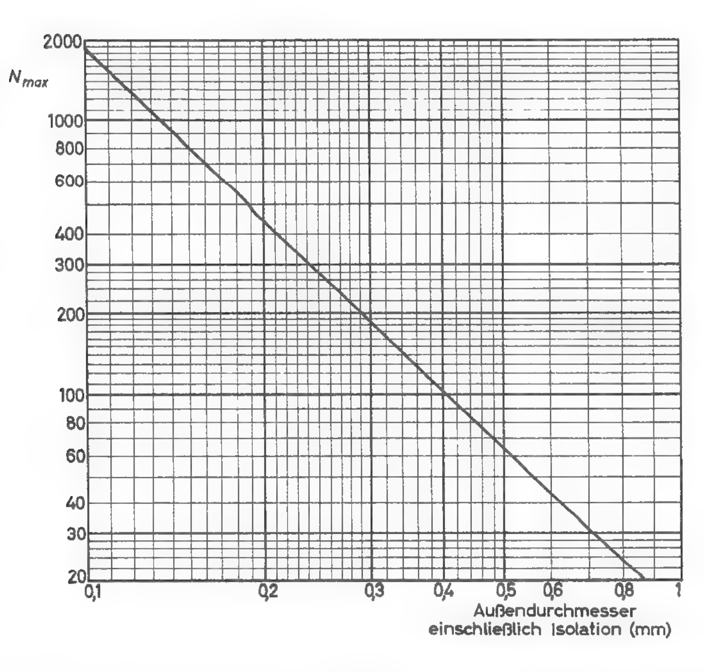
D-Topfkern D 25/12
Wickeldaten





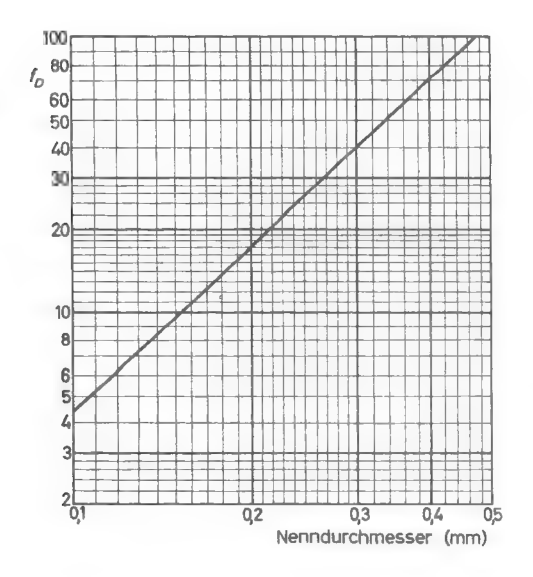
Spulenkörper VA 900 08

Werkstoff	Hostaform C
Temperaturbereich	-40 bis +100 °C
Wickelquerschnitt W	0,17 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	4,5 cm



Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers

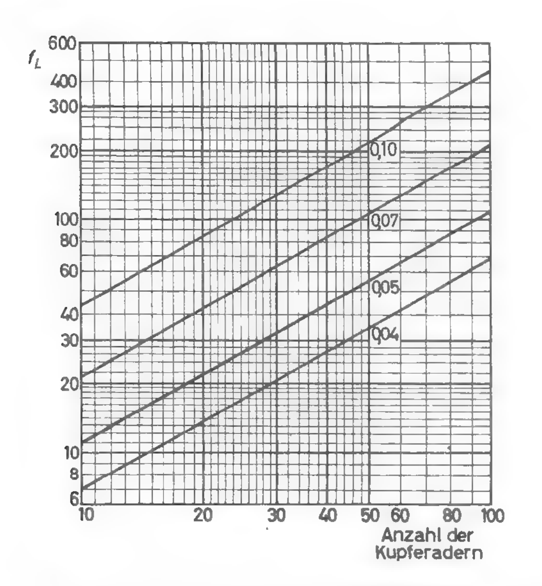
Kupferfüllfaktor f_{Cu}



Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgmeines, Drahttabelle

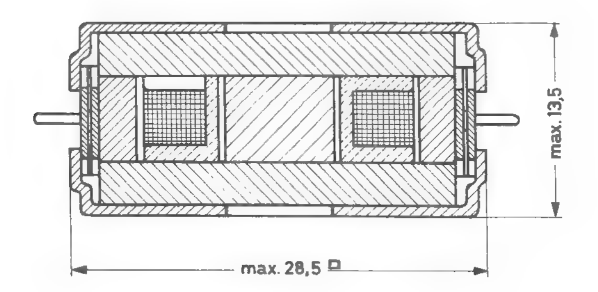


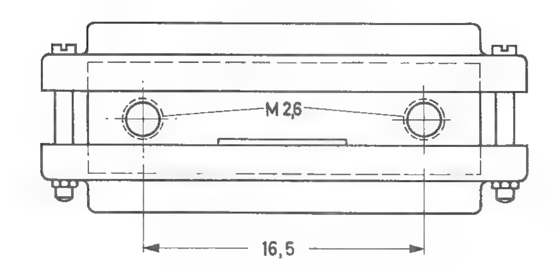
HF-Litze

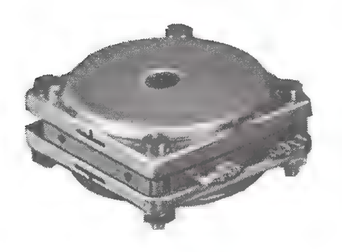
$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgmeines, Drahttabelle



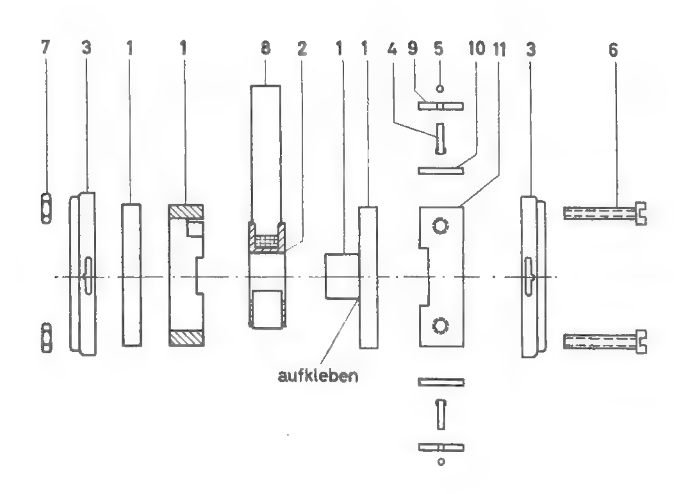






Aufbau des montierten Topfkernes



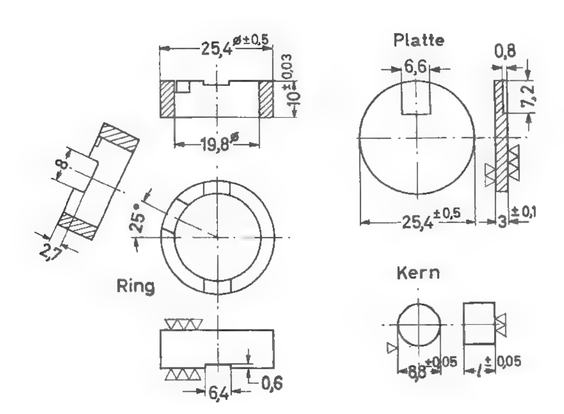


Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Topfkern-Spule	Bemer-kungen
1	s. Kerntypen	Topfkern	FXC 3B	4	einzeln lieferbar
2	VA 900 08	Spulenkörper	Hostaform C	1	
3	B1 089 17	Halterungsdeckel	St, vernickelt	2	Teil 3 bis 11 nur geschlossen lieferbar
4	NK 300 99	Lötbügel	Cu, verzinnt	4	
5	NK 298 97	Lötfeder	Cu, verzinnt	4	
6	B 054 ED/2x12	Schraube M2 x 12 DIN 84	St, vernickelt	4	
7	B 020 ED/2	Mutter M2 DIN 934	Ms, vernickelt	4	
8	NK 732 55	Isolierstreifen	Preßspan	1	
9	NK 727 51	Isolierplatte	Hartpapier	2	
10	NK 727 50	Isolierplatte	Hartpapier	2	
11	NG 296 46	Montageplatte	St, cadmiert	1	



D-Topfkern D 25/16
Kerntypen



Technische Daten

Vorabgeglichene Topfkernsätze

Die bestimmende Größe ist die effektive Permeabilität μ_e

Typ	FXC Sorte	μ_e	α $mH^{-1/2}$	A_L nH	Luftspalt s (mm) Richtwert	Abgleichstreifen +) Typ	Kennf.
K3 000 01	3B2	115±2,5 %	53	356	0,15		
K3 000 02	3B2	83±2,5 %	62	260	0,25		
K3 000 05	3B2	60±1,5 %	72	193	0,45	NK 307 89	grün
K3 000 06	3B2	35±1,5 %	96	108,5	0,85	NK 307 89	grün
K3 000 28	3B3	19±1,5 %	126,6	62,4	1,8	NK 307 88	rot

Nicht vorabgeglichene Topfkernsätze

Die bestimmende Größe ist die Kernlänge l bzw. der Luftspalt s

Typ	FXC Sorte	Luftspalt s (mm)	Kernlänge l (mm)	μ_e Richtwerte	α $mH^{-1/2}$ Richtwerte	Abgleichstreifen +) Typ	Kennf.
D 25/16-10,0-3B2	3B2	0	10,0				
D 25/16-9,85-3B2	3B2	0,15	9,85	140	48		
D 25/16-9,75-3B2	3B2	0,25	9,75	95	57		
D 25/16-9,55-3B2	3B2	0,45	9,55	62	72	NK 307 89	grün
D 25/16-9,15-3B2	3B2	0,85	9,15	36	93	NK 307 89	grün
D 25/16-9,55-3B3	3B3	0,45	9,55	62	72	NK 307 89	grün
D 25/16-8,20-3B3	3B3	1,8	8,20	20	122	NK 307 88	rot

+) Siehe folgende Seite und Abschnitt Abgleichstreifen für Topfkerne

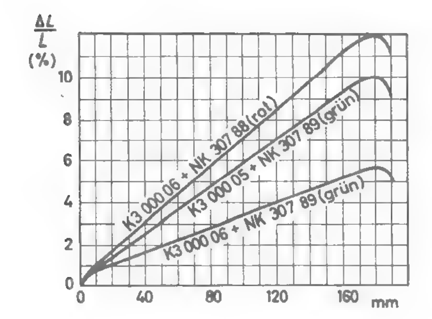


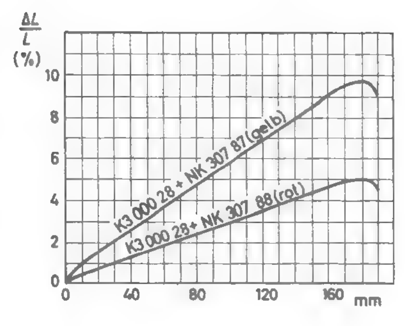
D-Topfkern D 25/16
Kerntypen



Einzelne Topfkernteile

Artikel	Typ	FXC-Sorte	für Luftspalt s (mm)
Platte	56 490 48/3B2 (=VK 249 00)	3B2	
Ring	56 590 24/3B2 (=VK 249 11)	3B2	
Kern 10,0	56 680 56/3B2 (=VK 249 30)	3B2	0
Kern 9,85	56 710 83/3B2 (=VK 249 31)	3B2	0,15
Kern 9,75	56 710 98/3B2 (=VK 249 32)	3B2	0,25
Kern 9,55	56 710 97/3B2 (=VK 249 33)	3B2	0,45
Kern 9,15	56 710 82/3B2 (=VK 249 34)	3B2	0,85
Platte	56 490 48/3B3 (=VK 249 01)	3B3	
Ring	56 590 24/3B3 (=VK 249 13)	3B3	
Kern 9,55	56 710 97/3B3 (=VK 249 43)	3B3	0,45
Kern 8,2	56 630 26/3B3 (=VK 249 45)	3B3	1,8

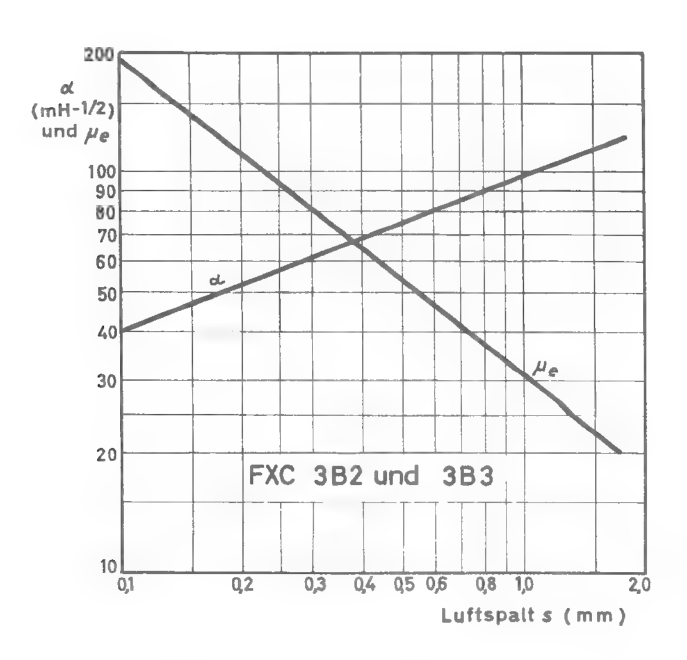




Abgleichkurven D 25/16



Magn. Formkonstante	$\sum\frac{l}{A}$ =	4,05	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e =	2,75	cm^3
Mittl. magn. Weglänge	l_e =	3,3	cm
Mittl. magn. Querschnitt	A_e =	0,83	cm^2
Meßdruck		18	kg
Gewicht (pro Satz)		25	g

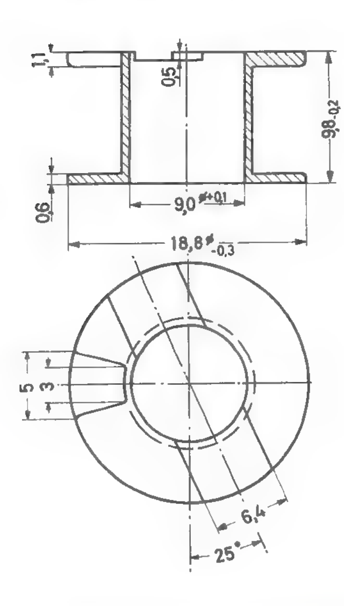


μ_e und α als Funktion der Luftspaltlänge

D-Topfkern D 25/16

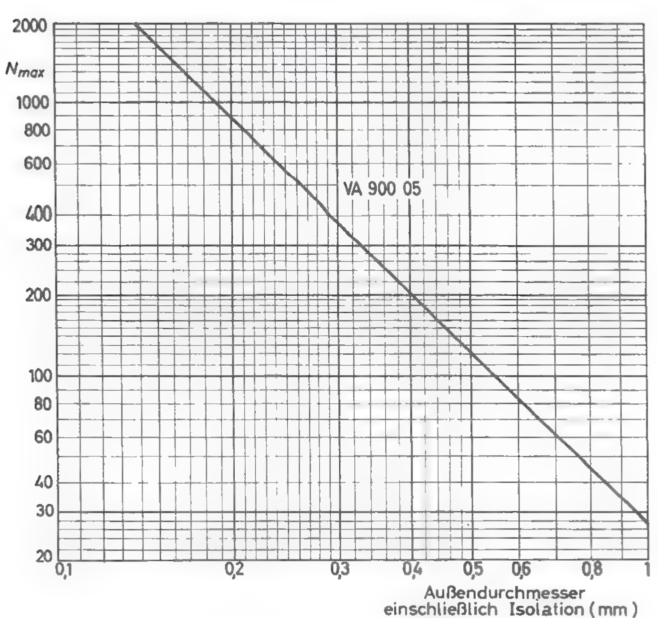
Wickeldaten





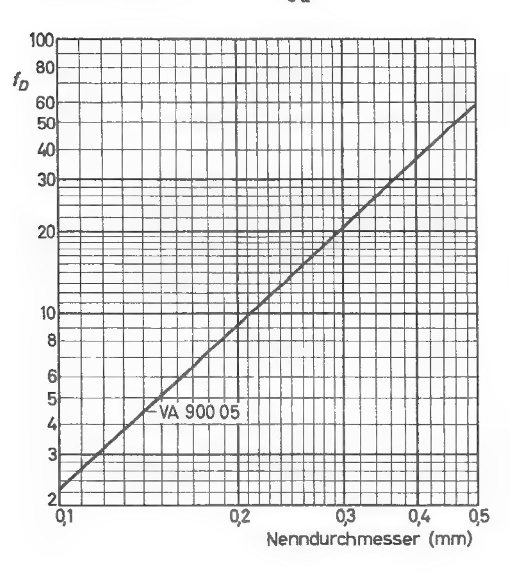
Spulenkörper VA 900 05

Werkstoff	Hostaform C
Temperaturbereich	-40 bis +100 °C
Wickelquerschnitt W	0,35 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	4,5 cm



Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers

Kupferfüllfaktor f_{Cu}

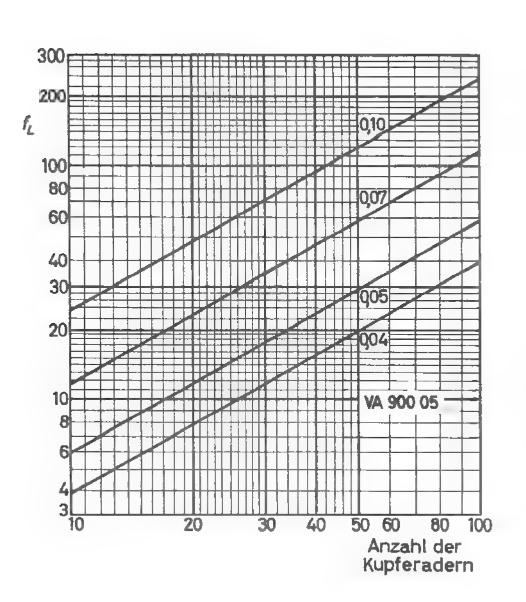


Kupfer-Runddraht

$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",

s. Allgemeines, Drahttabelle



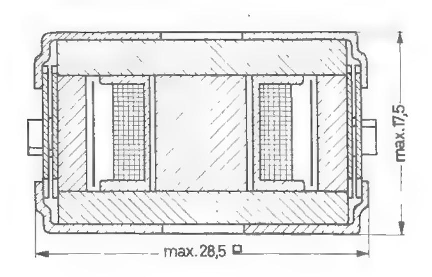
HF-Litze

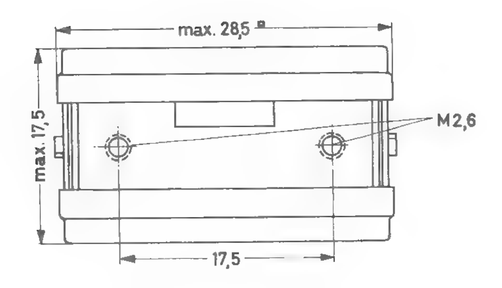
$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$

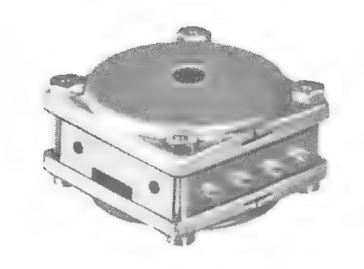
Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",

s. Allgemeines, Drahttabelle





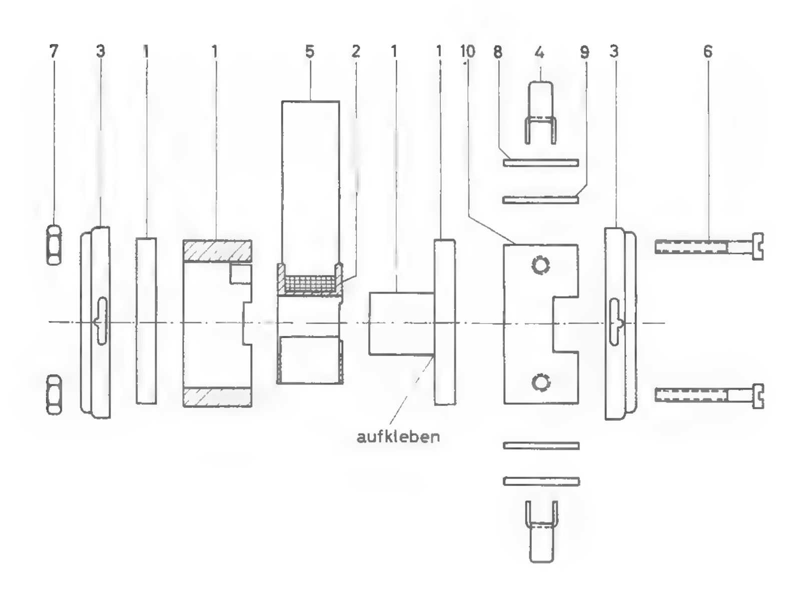




Aufbau des montierten Topfkernes



D-Topfkern D 25/16
Zubehörteile



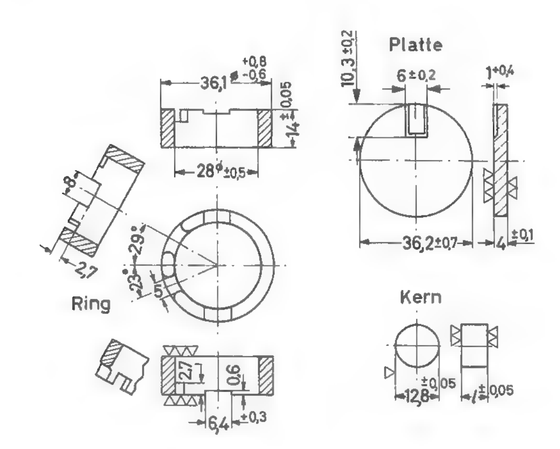
Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Topfkern-Spule	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Topfkern	FXC 3B	4	einzeln lieferbar
2	VA 900 05	Spulenkörper	Hostaform C	1	
3	B1 089 17	Halterungsdeckel	St, vernickelt	2	Teil 3 bis 10 nur geschlossen lieferbar
4	NF 384 45	Lötanschluß	Ms, verzinnt	4 oder 8	
5	NK 732 54	Isolierstreifen	Preßspan	1	
6	B 054 ED/2x15	Schraube M2 x 15 DIN 84	St, vernickelt	4	
7	B 020 ED/2	Mutter M2 DIN 934	Ms, vernickelt	4	
8	NK 727 26	Isolierplatte	Hartpapier	2	
9	NK 727 27	Isolierplatte	Hartpapier	2	
10	NK 576 56	Montageplatte	St, cadmiert	1	

D-Topfkern D 36/22 N

Kerntypen





Technische Daten

Vorabgeglichene Topfkernsätze

Die bestimmende Größe ist die effektive Permeabilität μ_e

Typ	FXC Sorte	μ_e	α $mH^{-1/2}$	A_L nH	Luftspalt s (mm) Richtwert	Abgleichstreifen +) Typ	Kennf.
K3 000 80	3B2	150±3 %	38	693	0,21		
K3 000 81	3B2	100±2,5 %	47	453	0,34	NK 307 89	grün
K3 000 82	3B2	80±2 %	52	370	0,45	NK 307 89	grün
K3 000 84	3B3	45±1,5 %	70	204	0,94	NK 307 88	rot
K3 000 85	3B3	20±1 %	105	90,7	2,1	NK 307 87	gelb

Nicht vorabgeglichene Topfkernsätze

Die bestimmende Größe ist die Kernlänge l bzw. der Luftspalt s

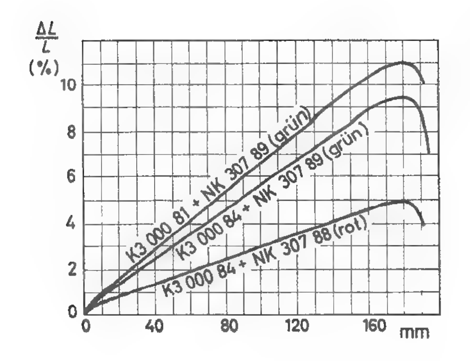
Typ	FXC Sorte	Luftspalt s (mm)	Kernlänge l (mm)	μ_e (Richtwerte)	α $mH^{-1/2}$ (Richtwerte)	Abgleichstreifen +) Typ	Kennf.
D 36/22N-14,00-3B2	3B2	0	14,0				
D 36/22N-13,8 -3B2	3B2	0,20	13,8	150	37		
D 36/22N-13,65-3B2	3B2	0,35	13,65	90	47	NK 307 89	grün
D 36/22N-13,5 -3B2	3B2	0,50	13,5	70	54	NK 307 89	grün
D 36/22N-13,0 -3B2	3B2	1,0	13,0	40	70	NK 307 88	rot
D 36/22N-12,0 -3B3	3B3	2,0	12,0	23	93	NK 307 87	gelb

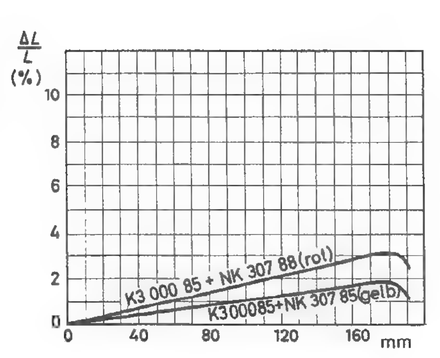
+) Siehe folgende Seite und Abschnitt Abgleichstreifen für Topfkerne



Einzelne Topfkernteile

Artikel	Typ	FXC-Sorte	für Luftspalt s (mm)
Platte	56 490 49/3B2	3B2	
Ring	56 590 89/3B2	3B2	
Kern 14,0	56 620 70/3B2	3B2	0
Kern 13,8	56 620 48/3B2	3B2	0,20
Kern 13,65	56 620 47/3B2	3B2	0,35
Kern 13,5	56 620 46/3B2	3B2	0,50
Kern 13,0	56 620 45/3B2	3B2	1,0
Platte	56 490 49/3B3	3B3	
Ring	56 590 89/3B3	3B3	
Kern 12,0	56 620 44/3B3	3B3	2,0





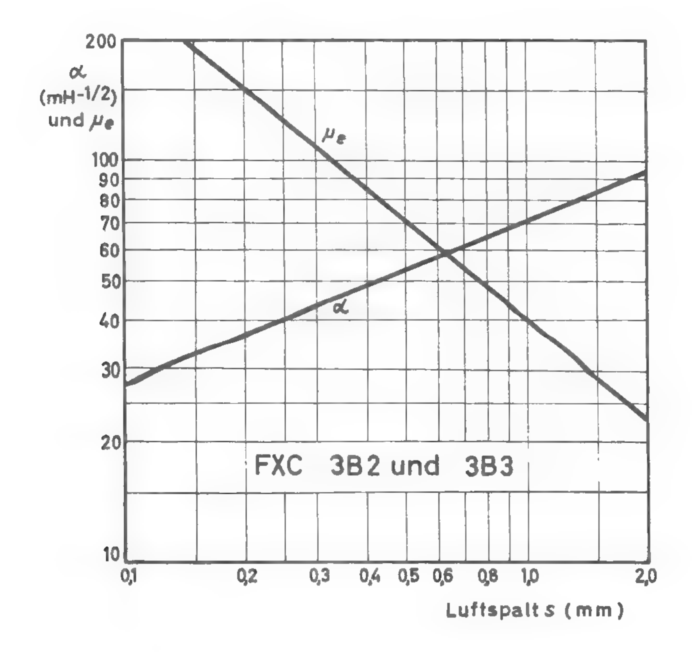
Abgleichkurven D 36/22 N

D-Topfkern D 36/22 N

magnetische Daten



Magn. Formkonstante	$\sum\frac{l}{A}$ =	2,8	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e =	8,5	cm^3
Mittl. magn. Weglänge	l_e =	4,85	cm
Mittl. magn. Querschnitt	A_e =	1,75	cm^2
Meßdruck		40	kg
Gewicht (pro Satz)		73	g

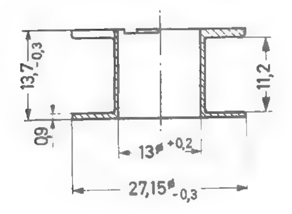


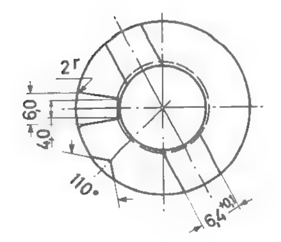
μ_e und α als Funktion der Luftspaltlänge





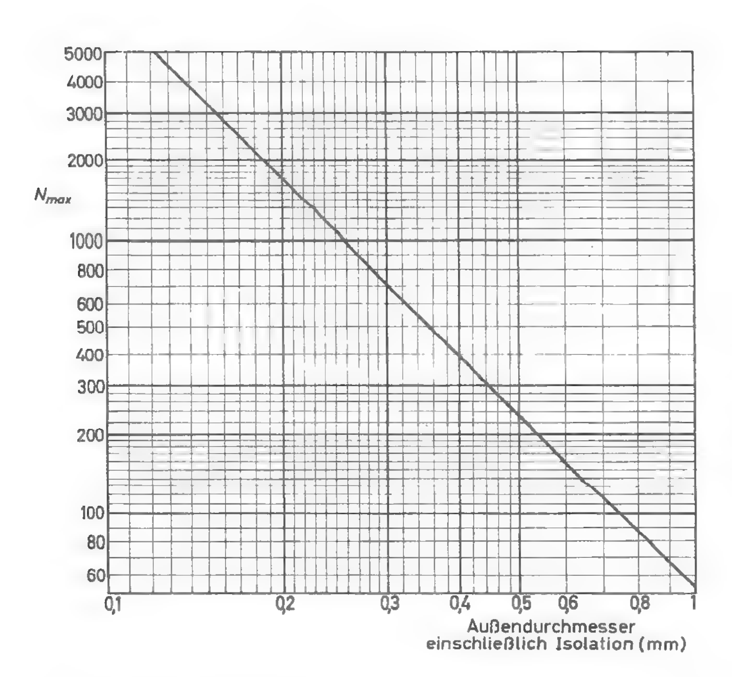
D-Topfkern D 36/22 N
Wickeldaten





Spulenkörper P4 564 11

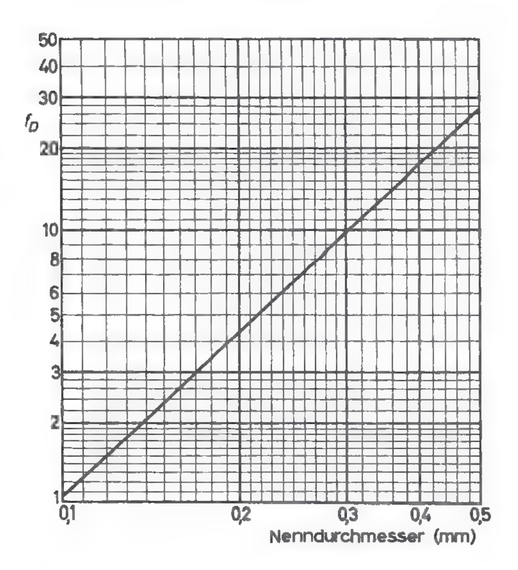
Werkstoff	Preßstoff K 111 ähnlich Typ 31, DIN 7708
Temperaturbereich	-50 bis +140 °C
Wickelquerschnitt W	0,72 cm²
Mittl. Windungslänge l_W	6,4 cm



Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers



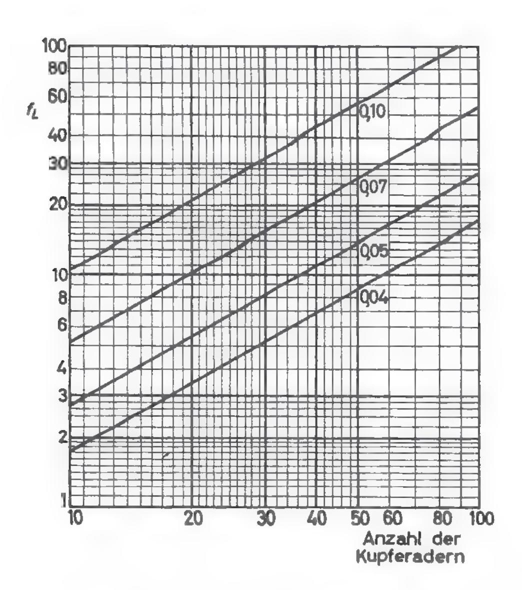
Kupferfüllfaktor f_{Cu}



Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle



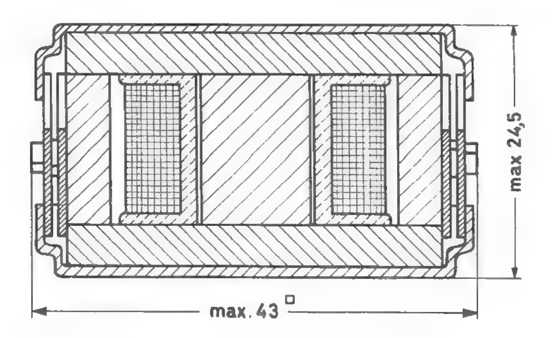
HF-Litze

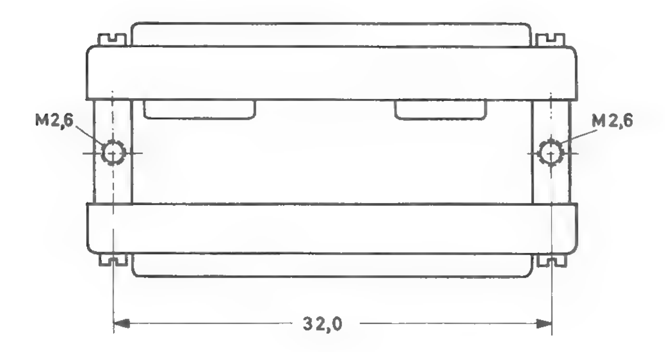
$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

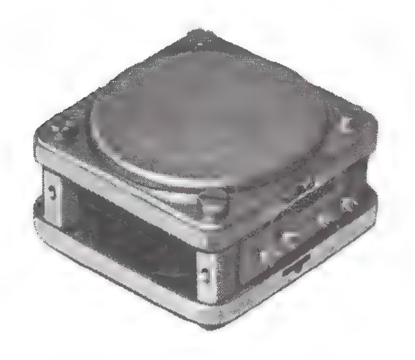
Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgmeines, Drahttabelle



D-Topfkern D 36/22 N
Halterung





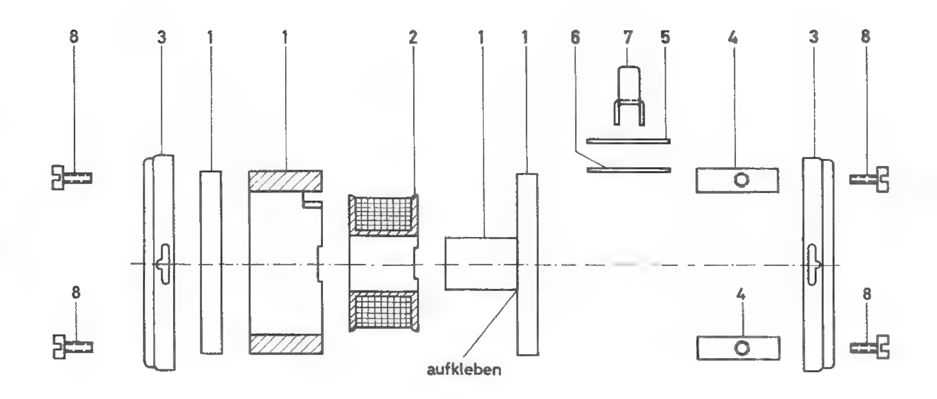


Aufbau des montierten Topfkernes

D-Topfkern D 36/22 N

Zubehörteile

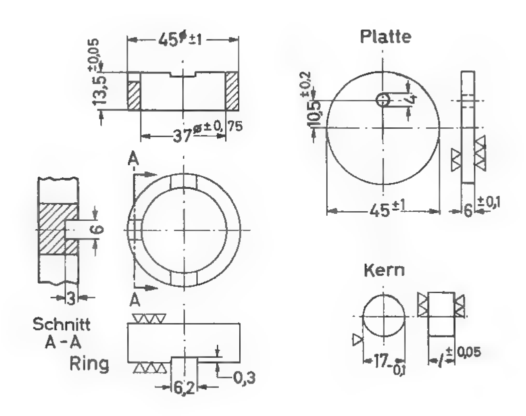




Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Topfkern-Spule	Bemer-kungen
1	s. Kerntypen	Topfkern	FXC 3B	4	einzeln lieferbar
2	P4 564 11	Spulenkörper	Preßstoff K 111 ähnlich Typ 31	1	
3	NK 589 60	Halterungsdeckel	St, cadmiert	2	Teil 3 bis 8 nur ge-schlossen lieferbar
4	NG 200 98	Abstandsstück	Messing	4	
5	NK 812 82	Anschlußplatte	Hartpapier	1	
6	NK 724 90	Isolierplatte	Hartpapier	1	
7	NF 384 45	Lötanschluß	Ms, verzinnt	4	
8	B054AG/2,6x5	M 2,6x5 DIN 84	St, vernickelt	8	





Ein Topfkern D 45/39 besteht aus 2 Ringen, 2 Platten und 2 Kernen

Dieser Topfkern ist nicht in vorabgeglichener Ausführung lieferbar

Technische Daten

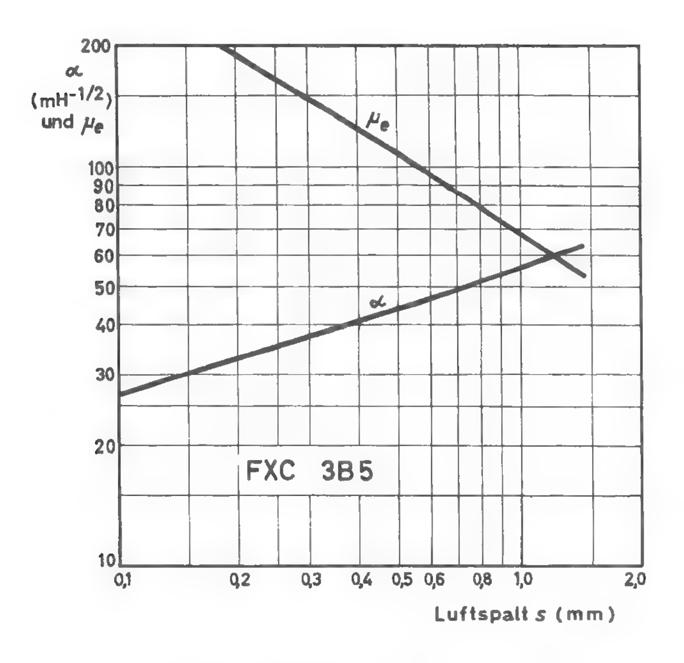
Einzelne Topfkernteile

Artikel	Typ	FXC Sorte	für Luftspalt s (mm)	Kernlänge l (mm)	Abgleichstreifen +) Typ	Kennf.
Platte	56 630 16/3B5	3B5				
Ring	56 400 47/3B5	3B5				
Kern	56 630 15/3B5	3B5	0,3	13,35	NK 307 89	grün
Kern	56 630 14/3B5	3B5	0,6	13,20	NK 307 89	grün
Kern	56 630 30/3B5	3B5	0,9	13,05	NK 307 88	rot

+) Siehe Abschnitt Abgleichstreifen für Topfkerne



Meßdruck	45	kg
Gewicht (pro Satz)	185	g



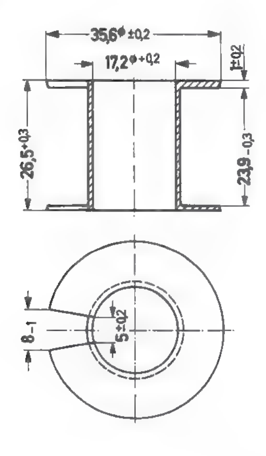
μ_e und α als Funktion der Luftspaltlänge

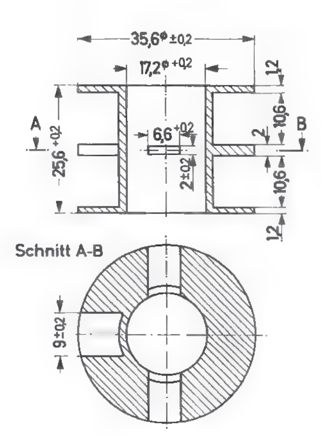
In obenstehenden Kurven sind für μ_e und α Richtwerte angegeben. Abweichungen von ±20 % bei kleinem Luftspalt und ±5 % bei großem Luftspalt sind möglich.





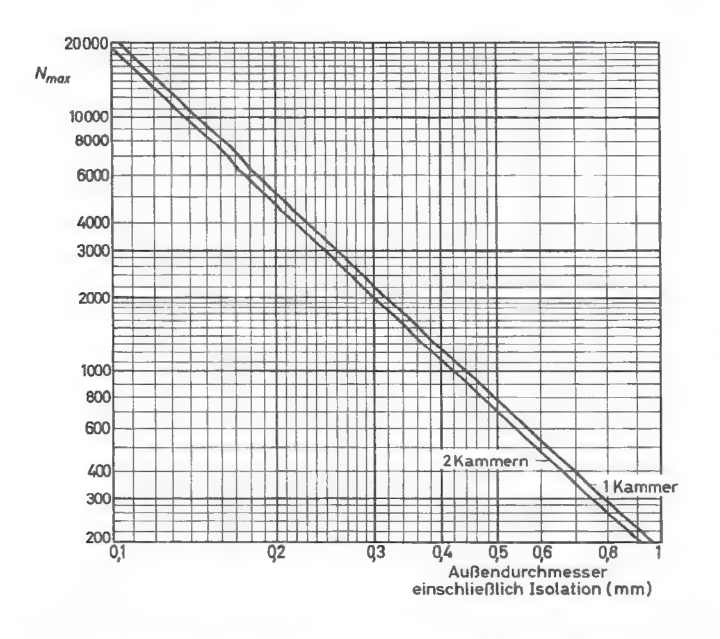
D-Topfkern D 45/39
Wickeldaten





Spulenkörper P4 560 88 (1 Kammer); P4 055 82 (2 Kammern)

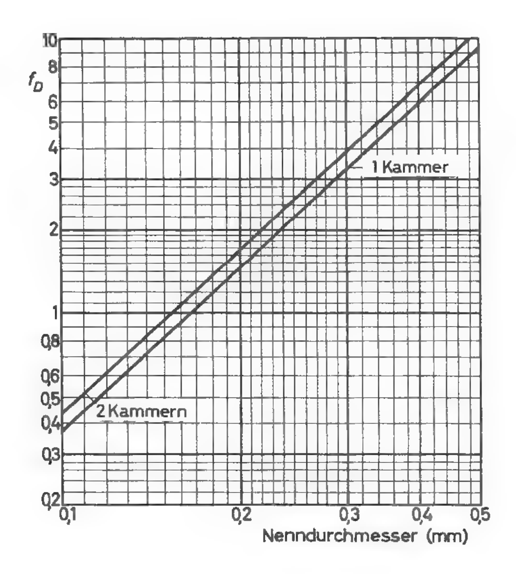
Werkstoff	Preßstoff K111, ähnlich Typ 31 DIN 7708
Temperaturbereich	-50 bis +140 °C
Wickelquerschnitt W	1 Kammer 2,0 cm^2; 2 Kammern 1,8 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	8,5 cm



Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers



Kupferfüllfaktor f_{Cu}

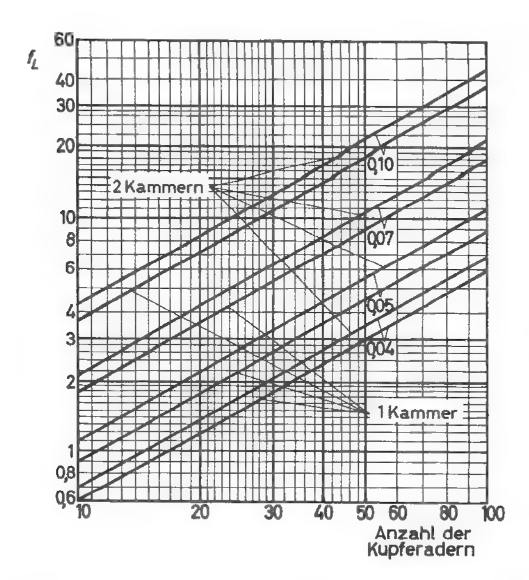


Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",

s. Allgemeines, Drahttabelle



HF-Litze

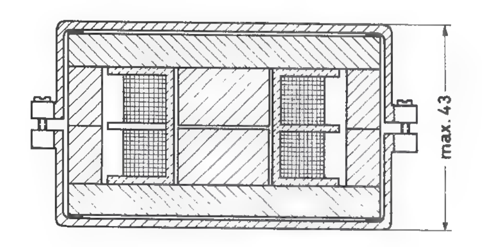
$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

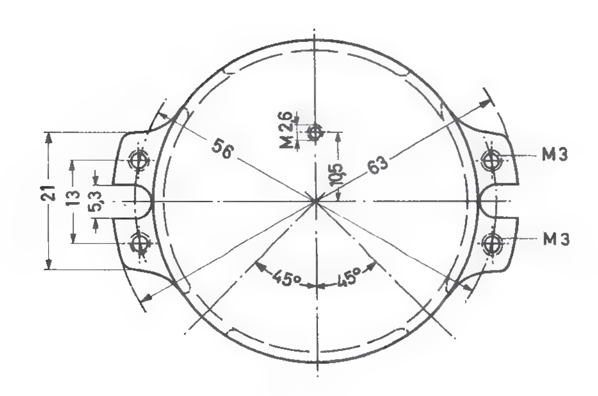
Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",

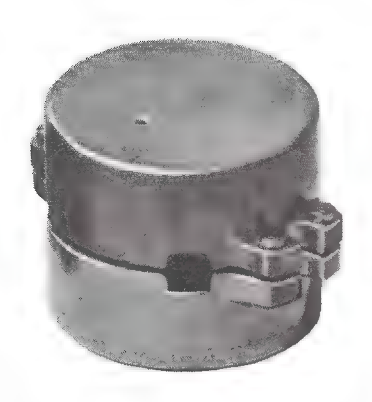
s. Allgemeines, Drahttabelle



D-Topfkern D 45/39
Halterung

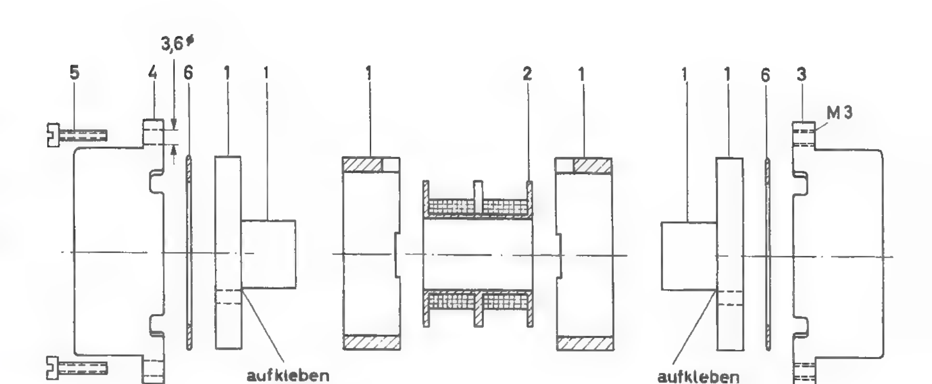






Aufbau des montierten Topfkernes

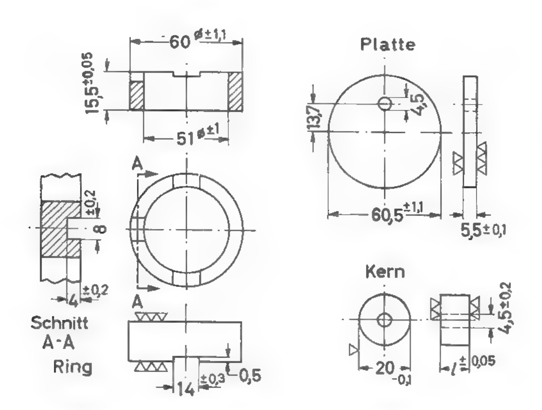




Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Topfkern-Spule	Bemer-kungen
1	s. Kerntypen	Topfkern	FXC 3B5	6	einzeln lieferbar
2	P4 560 88	Spulenkörper 1K.	Preßstoff K111 ähnlich Typ 31	1	P4 055 82 2 Kammern
3	NW 870 12	Halterungsdeckel	GD Al-Si-13	1	Teil 3 bis 6 nur ge-schlossen lieferbar
4	NW 870 13	Halterungsdeckel	GD Al-Si-13	1	
5		M3 x 12 DIN 84	St, vernickelt	4	
6	NW 871 14	Isolierring	Hartpapier	2	





Ein Topfkern D 60/42 besteht aus 2 Ringen, 2 Platten und 2 Kernen

Dieser Topfkern ist nicht in vorabgeglichener Ausführung lieferbar

Technische Daten

Einzelne Topfkernteile

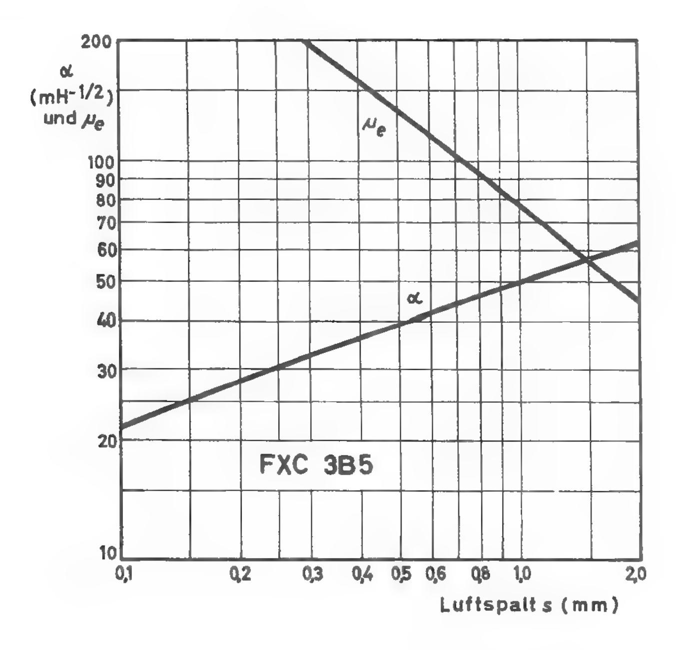
Artikel	Typ	FXC Sorte	für Luftspalt s (mm)	Kernlänge l (mm)	
Platte	56 500 56/3B5	3B5			Abgleichstreifen nicht lieferbar
Ring	56 600 57/3B5	3B5			
Kern	56 591 19/3B5	3B5	0	15,5	
Kern	56 620 37/3B5	3B5	0,4	15,3	
Kern	56 620 34/3B5	3B5	1,2	14,9	



D-Topfkern D 60/42

magnetische Daten





μ_e und α als Funktion der Luftspaltlänge

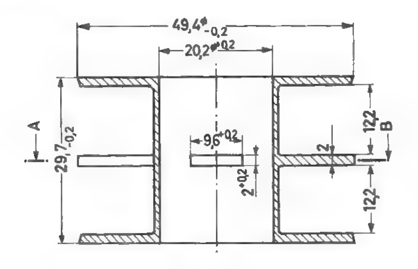
In obenstehenden Kurven sind für μ_e und α Richtwerte angegeben. Abweichungen von ± 20 % bei kleinem Luftspalt und ± 5 % bei großem Luftspalt sind möglich.

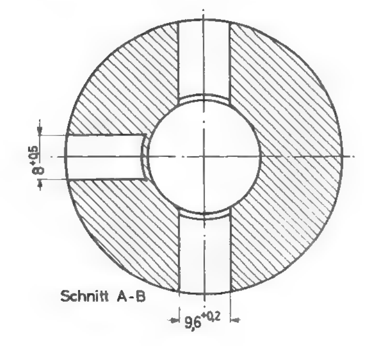
Magnetische Daten für FXC 3B5 auf Anfrage.





D-Topfkern D 60/42
Wickeldaten

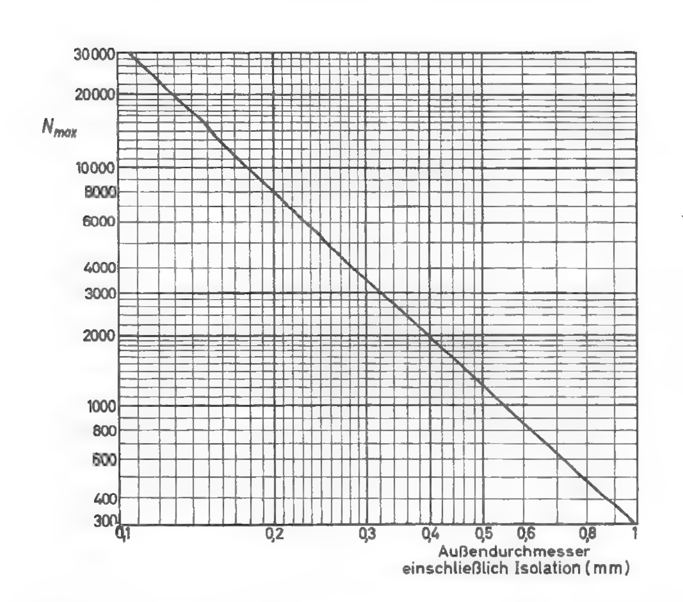




Schnitt A-B

Spulenkörper P4 560 51

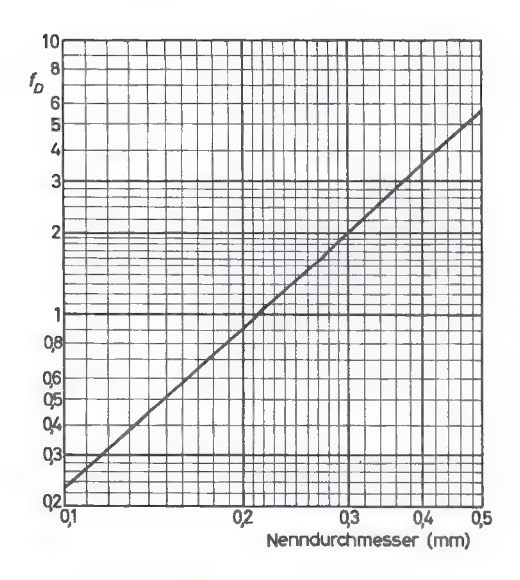
Werkstoff	Preßstoff K111 Typ 31, DIN 7708
Temperaturbereich	−50 bis +140 °C
Wickelquerschnitt W	3,3 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	11,2 cm



Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers



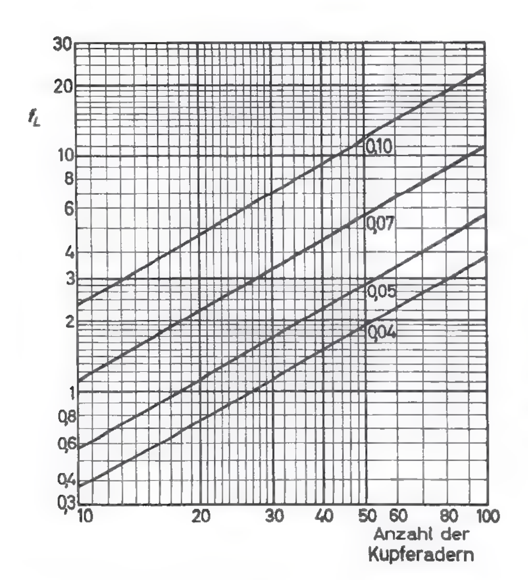
Kupferfüllfaktor f_{Cu}



Kupfer-Runddraht

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_D \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Nenndurchmesser" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle



HF-Litze

$$f_{Cu} = 10^{-4} \cdot f_L \cdot N_{max}$$

Zusammenhang zwischen „Anzahl der Kupferadern" und „Außendurchmesser einschließlich Isolation",
s. Allgemeines, Drahttabelle



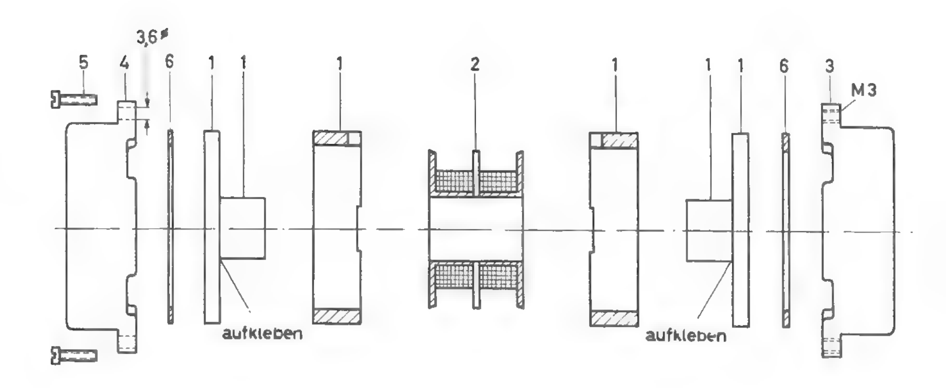
D-Topfkern D 60/42

Halterung



Aufbau des montierten Topfkernes



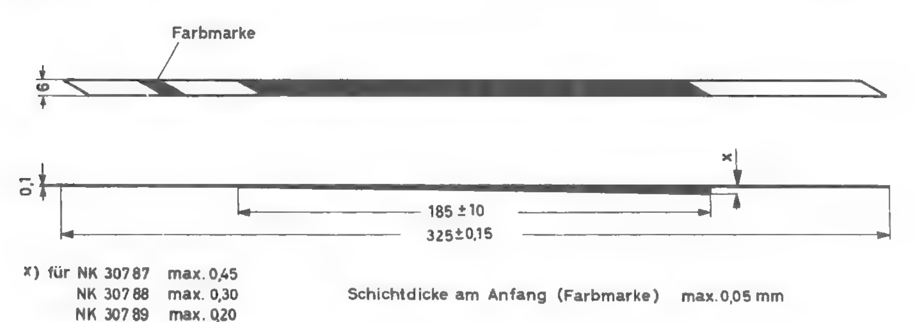


Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Topfkern-Spule	Bemer-kungen
1	s. Kerntypen	Topfkern	FXC 3B5	6	einzeln lieferbar
2	P4 560 51	Spulenkörper	Preßstoff K111 ähnlich Typ 31	1	
3	NW 870 10	Halterungsdeckel	GD Al-Si-13	1	Teil 3 bis 6 nur ge-schlossen lieferbar
4	NW 870 11	Halterungsdeckel	GD Al-Si-13	1	
5		M3 x 12 DIN 84	St, vernickelt	4	
6	NW 871 13	Isolierring	Hartpapier	2	



Abgleichstreifen für Topfkerne



Diese Abgleichstreifen dienen zum Induktivitätsabgleich der Topfkerne D 25/12, D 25/16 und D 36/22 N. Durch Verschieben der Streifen im Luftspalt läßt sich die Induktivität sehr genau einstellen (s. Abgleichkurven auf den Datenblättern D 25/16, D 36/22 N). Lediglich bei Verwendung im Topfkern D 45/39 ist der Abgleichbereich eingeschränkt.

Für verschiedene Luftspalte stehen drei Typen zur Verfügung:

NK 307 89 (bisher Typ 88 486/00) grüne Farbmarke für Luftspalt min. 0,35 mm
NK 307 88 (bisher Typ 88 486/01) rote Farbmarke für Luftspalt min. 0,5 mm
NK 307 87 (bisher Typ 88 486/02) gelbe Farbmarke für Luftspalt min. 0,65 mm

Wird ein anderer Regelbereich oder eine andere Steilheit gewünscht als in den Datenblättern angegeben, so können auch andere Streifen, als dort empfohlen, verwendet werden. Zu beachten ist der Mindestluftspalt.

Montage

Der Streifen wird - die Pulverschicht dem Kern zugewendet - mit der farbigen Spitze voran in die Spule gebracht.

Nach dem Einstellen

a. Streifen bis auf ca. 5 mm abschneiden
b. Schlitz des Messingdeckels mit Spezialzange zusammendrücken
c. Streifenenden nach oben am gesäuberten Deckel festkleben

Bei sorgfältiger Arbeit ist ein Feinabgleich auf <0,03 % möglich.



Ferroxcube-Kerne eignen sich vorzugsweise für Übertrager im Bereich der Sprachfrequenzen, besonders bei höheren Frequenzen.

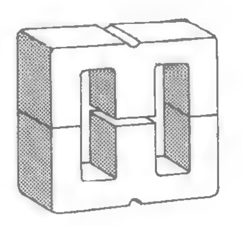
Neben den Schalenkernen, die sowohl für Spulen als auch für Übertrager geeignet sind, werden die nachfolgenden E-Kerne, EI-Kerne, Kreuzkerne und Ringkerne speziell für Übertrager hergestellt. Für Leistungsübertrager werden auch U-Kerne verwendet.

Durch die Verwendung von Ferroxcube-Kernen wird die zeitraubende Zusammenstellung von Transformatorkernen aus isolierten Blechen überflüssig. Bei den E- und Kreuzkernen ist durch Verkürzen des Mittelsteges oder Einlegen entsprechender Folien die Einstellung eines definierten Luftspaltes möglich. Durch diesen Luftspalt kann bekanntlich der Einfluß einer Vormagnetisierung verringert werden.

Kernformen

E-Kerne

Die Ferroxcube E-Kerne E 20 bis E 65 sind in DIN 41 295 genormt. Sie entsprechen weitgehend den Transformatorblechen nach DIN 41 302. Die zu diesen E-Kernen passenden Spulenkörper sind in DIN 41 304 und DIN 41 305 festgelegt. Je ein Paar zusammengesetzter Ferroxcube E-Kerne entspricht dem Transformatorkern M 20, M 30, M 42 bzw. M 55. Für den Transformatorkern M 65 werden vier Kerne E 65 benötigt.



Zu den Kernen E 20, E 30 und E 42 sind Spulenkörper und Halterung lieferbar.
Für die Kerne E 55 und E 65 haben wir nur die Spulenkörper in unserem Lieferprogramm.

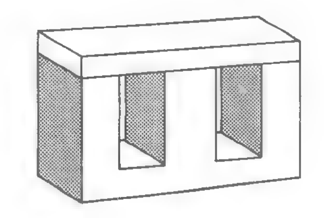


Soll ein Luftspalt zwischen den beiden Kernhälften vermieden werden, so müssen die beiden E-Kerne vor dem Einbau in die Halterung zusammengeklebt werden.

Zur Lieferbarkeit von Spulenkörpern und Halterungen für gedruckte Schaltung erbitten wir Ihre Anfrage.

EI-Kerne

Der Kern EI 25 ist an der Trennlinie nicht fein geschliffen. Er eignet sich daher in erster Linie für Übertrager mit Luftspalt. Der Luftspalt läßt sich durch Einlegen eines 7 mm breiten Streifens aus Papier oder Kunststoff leicht einstellen. Der Kern EI 25 ist aus Ferroxcube 3C6 hergestellt, dem Material mit der höchsten Sättigung. Er eignet sich daher insbesondere für Impulsübertrager, Gleichspannungswandler, Tonfrequenzübertrager mit Vormagnetisierung usw. Der Spulenkörper VA 901 06 ermöglicht den Einbau in die gedruckte Schaltung.



Kreuzkerne

Ferroxcube-Kreuzkerne sind ausschließlich für gedruckte Schaltungen vorgesehen. Nähere Angaben im allgemeinen Teil zu Kreuzkernen.

Ringkerne

Ringkerne werden mit oder ohne Lack geliefert. Nähere Angaben enthält das Datenblatt.

Auf den Datenblättern der Übertragerkerne ist neben dem Induktivitätsfaktor A_L auch die effektive Permeabilität μ_e angegeben. Der Windungsfaktor α gibt die für 1 mH erforderliche Windungszahl N an.

$$N = \alpha \sqrt{L} \qquad \text{(L in mH).}$$

Zwischen in $mH^{-1/2}$ und A_L in nH besteht die Beziehung

$$\alpha = \frac{10^3}{\sqrt{A_L}} \quad \text{bzw.} \quad A_L = \frac{10^6}{\alpha^2}$$

Für die Berechnung von Übertragern mit Ferroxcube-Kernen kann kein allgemein gültiges Schema angegeben werden. Je nach Art des Übertragers, z.B. Breitbandübertrager, Impulsübertrager, Leistungsübertrager, geht man verschiedene Wege. Bei allen Methoden interessieren neben den Werkstoffeigenschaften die Typenkenngrößen $\sum\frac{l}{A}$, l_e usw. Die auf den E-Kern-Datenblättern angegebenen Zahlenwerte für l_e unterscheiden sich etwas von den Werten in DIN 41 301, weil im DIN-Blatt die Verkürzung der Flußwege in den Kernecken nicht berücksichtigt ist.

Bei Gleichstromvormagnetisierung wird bekanntlich die Abnahme der Permeabilität durch Einfügen eines Luftspaltes begrenzt. Der optimale Luftspalt läßt sich z.B. aus den Hanna-Kurven ermitteln, die bei Kreuzkernen angegeben sind. Die Hanna-Kurven zeigen die Abhängigkeit $L \cdot I_-^2$ von nI_- mit dem Luftspalt als Parameter. Damit kann man leicht bei vorgegebener Induktivität L und bekanntem Spulen-Gleichstrom I_- den Luftspalt und die zugehörige Windungszahl ablesen.

Durch einen Luftspalt wird auch die Stabilität verbessert und die Amplitudenabhängigkeit der Permeabilität verringert. Zu beachten ist, daß die bei Übertragerkernen mit Luftspalt angegebenen A_L- bzw. μ_e-Werte nur für kleine Aussteuerungen ohne Gleichstromvormagnetisierung gelten. Ausführliche Angaben über Übertragerberechnungen bitten wir aus der Fachliteratur zu entnehmen.





Typenübersicht

Werkstoff Ferroxcube 3E1

Typ	Ausführung	Luftspalt s mm	A_L nH	μ_e Richtwert
56 907 45	E 20-00-3E1	-	2000 ±25 %	2200
56 907 46	E 20-15-3E1	0,15 ±0,015	210 ±15 %	235
56 907 47	E 30-00-3E1	-	2700 ±25 %	2400
56 907 48	E 30-15-3E1	0,15 ±0,015	340 ±15 %	315
56 907 49	E 42-00-3E1	-	5900 ±25 %	2500
56 907 50	E 42-25-3E1	0,25 ±0,015	870 ±10 %	365
56 907 51	E 42-50-3E1	0,50 ±0,03	480 ±10 %	200
K5 401 25	E 55-00-3E1	-	9400 ±25 %	2600
K5 400 60	E 65-00-3E1	-	11200 ±25 %	2450

Die angegebenen A_L- und μ_e-Werte gelten für ein Kernpaar mit Luftspalt in nur einem E-Kern. Sie sind gemessen mit einer Spule von 50 Windungen - einlagig auf den zugehörigen Spulenkörper gewickelt.



E-Kerne
nach DIN 41 295
Wickeldaten

Das folgende Diagramm gibt die max. möglichen Windungszahlen in Abhängigkeit des Draht-Außendurchmessers bei Verwendung der auf den folgenden Seiten abgebildeten Spulenkörper an. Diese Spulenkörper entsprechen DIN 41 305 Blatt 1 bzw. für M 65 DIN 41 304.

N_{max}

30 000
20 000
10 000
8000
6000
4000
3000
2000
1000
800
600
400
300
200
100
80
60
40
30

M 30
M 65
M55
M42
M 20

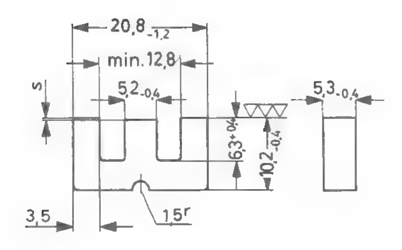
0,05 0,06 0,08 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,8 1

Außendurchmesser einschließlich Isolation (mm)

E-Kern E 20 (M 20)

Kerntypen; magn. Daten



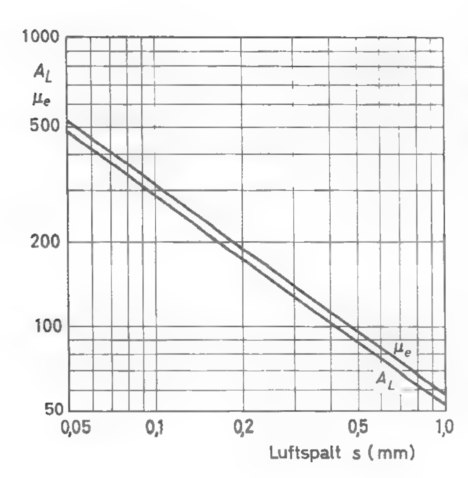


Material Ferroxcube 3E1

Gewicht 4 g

Technische Daten

Typ	Ausführung	Luftspalt s mm	A_L-Wert nH	α $mH^{-1/2}$	μ_e Richtwert
56 907 45	E 20-00-3E1	-	2000 ±25 %	22,3	2200
56 907 46	E 20-15-3E1	0,15 ±0,015	210 ±15 %		235



Magnetische Daten (pro Paar)

Magn. Formkonstante $\sum \frac{l}{A}$ = 13,7 cm^{-1}

Hysteresevolumen V_e = 1,34 cm^3

Mittl.magn. Weglänge l_e = 4,3 cm

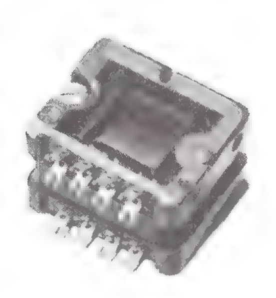
Mittl.magn. Querschn. A_e = 0,3 cm^2

Hysteresefaktor

$q_{2(24-100)} < 7 \frac{\Omega}{H^{3/2}\ mA}$

Meßdruck 9 kg





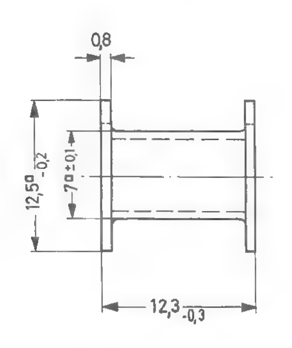
Zusammenstellung aller Zubehörteile

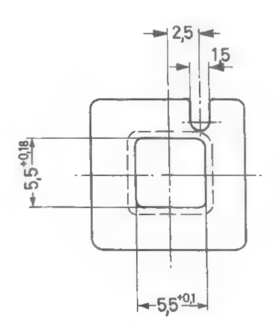
Teil	Typ	Bezeichnung	Stück pro Übertrager	Werkstoff	zul. Temperaturbereich
1	s. Kerntypen	E-Kern	2	FXC 3E1	
2	VA 901 01	Spulenkörper	1	Preßstoff 31.5	-50 bis +140 °C
3	VA 901 02	Druckrahmen	2	Preßstoff 31	-50 bis +140 °C
4	M 2,3 x 12	DIN 84	2	Stahl, vernick.	

Spulenkörper VA 901 01 (DIN 41 305)

Wickeldaten — Wickelquerschnitt $W = 0{,}27\ cm^2$

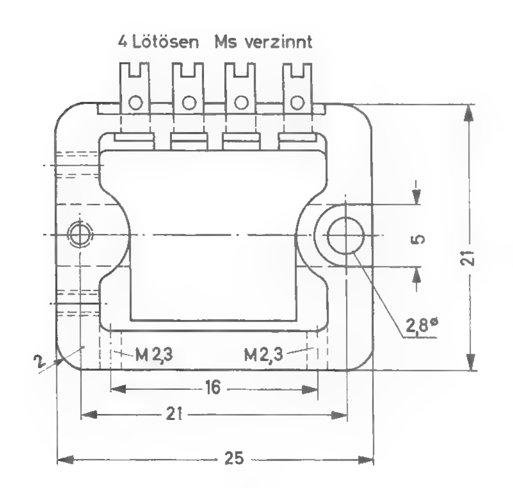
Mittl. Windungslänge $l_W = 3{,}5\ cm$

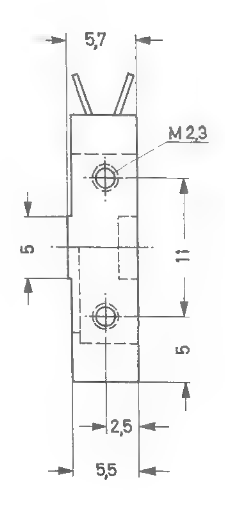


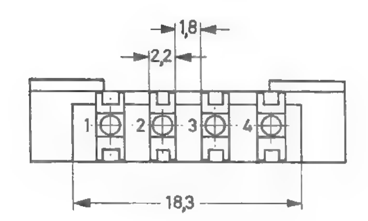




Druckrahmen VA 901 02

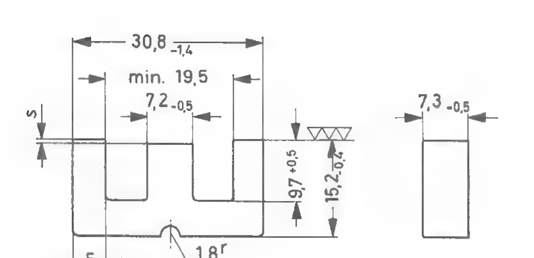








E-Kern E 30 (M 30)
Kerntypen; magn. Daten

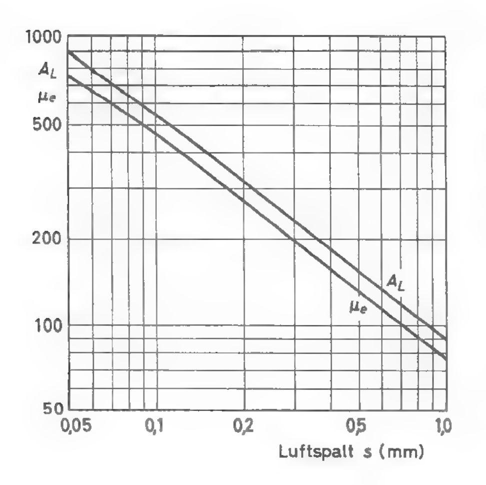


Material Ferroxcube 3E1

Gewicht 11 g

Technische Daten

Typ	Ausführung	Luftspalt s mm	A_L-Wert nH	α $mH^{-1/2}$	μ_e Richtwert
56 907 47	E 30-00-3E1	-	2700 ±25 %	19,3	2400
56 907 48	E 30-15-3E1	0,15 ±0,015	340 ±15 %		315



Magnetische Daten (pro Paar)

Magn. Formkonstante $\sum \frac{l}{A} = 11{,}2\ cm^{-1}$

Hysteresevolumen $V_e = 4{,}0\ cm^3$

Mittl.magn. Weglänge $l_e = 6{,}7\ cm$

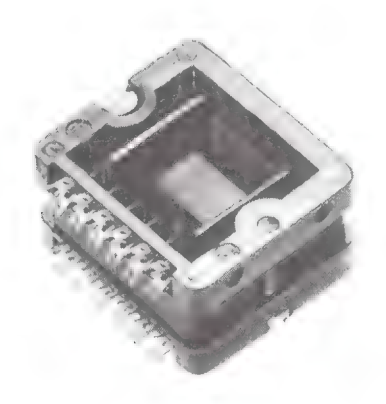
Mittl. magn.Querschn. $A_e = 0{,}6\ cm^2$

Hysteresefaktor

$q_{2(24-100)} < 7 \frac{\Omega}{H^{3/2}\ mA}$

Meßdruck 18 kg





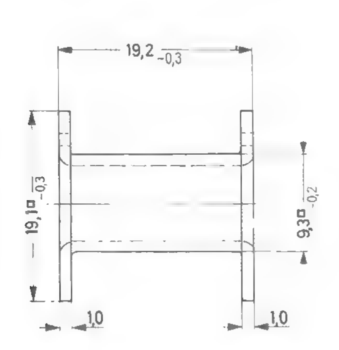
Zusammenstellung aller Zubehörteile

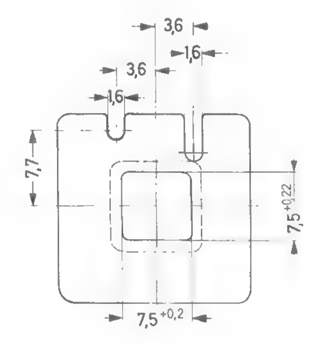
Teil	Typ	Bezeichnung	Stück pro Übertrager	Werkstoff	zul. Temperaturbereich
1	s. Kerntypen	E-Kern	2	FXC 3E1	
2	VA 901 11	Spulenkörper	1	Preßstoff 31.5	-50 bis +140 °C
3	VA 901 12	Druckrahmen	2	Preßstoff 31.5	-50 bis +140 °C
4	M 2,3 x 12	DIN 84	2	Stahl, vernick.	

Spulenkörper VA 901 11 (DIN 41 305)

Wickeldaten Wickelquerschnitt $W = 0,77 \ cm^2$

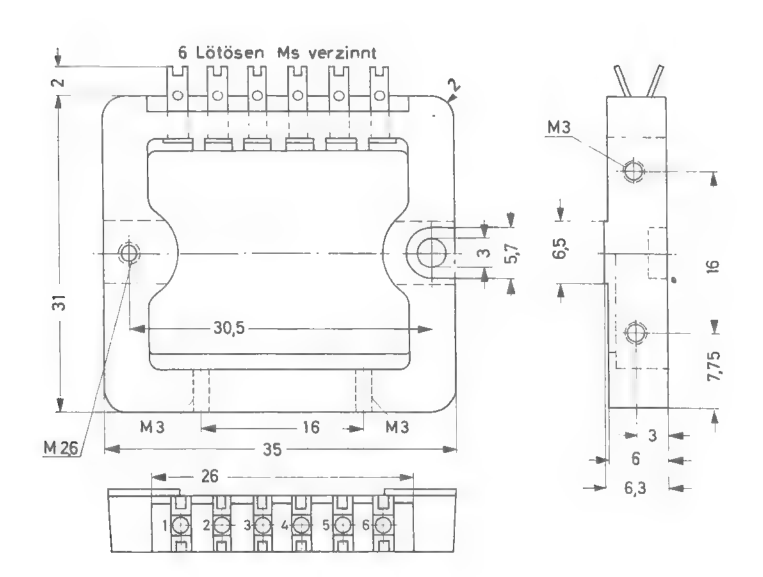
Mittl. Windungslänge $l_W = 5,3$ cm



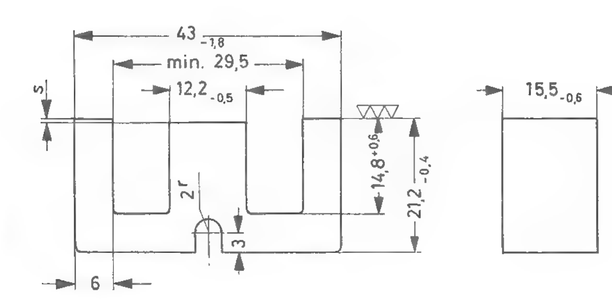




Druckrahmen VA 901 12





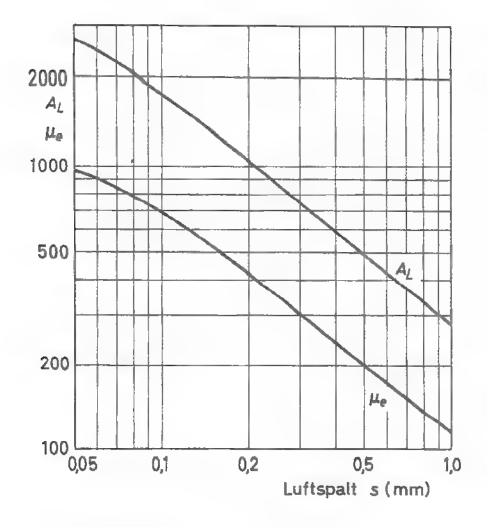


Material FXC 3E1

Gewicht 42 g

Technische Daten

Typ	Ausführung	Luftspalt s mm	A_L-Wert nH	α $mH^{-1/2}$	μ_e Richtwert
56 907 49	E 42-00-3E1	-	5900 ±25 %	13,0	2500
56 907 50	E 42-25-3E1	0,25 ±0,015	870 ±10 %		365
56 907 51	E 42-50-3E1	0,5 ±0,03	480 ±10 %		200



Magnetische Daten (pro Paar)

Magn. Formkonstante $\sum \frac{l}{A}$ = 5,35 cm^{-1}

Hysteresevolumen V_e = 17,6 cm^3

Mittl.magn. Weglänge l_e = 9,7 cm

Mittl.magn.Querschn. A_e = 1,8 cm^2

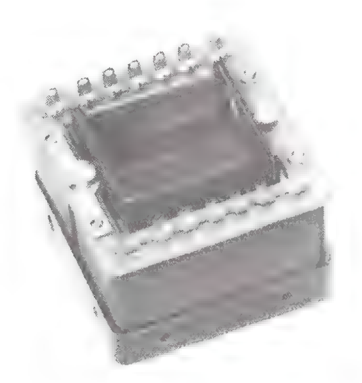
Hysteresefaktor

$$q_{2(24-100)} < 7 \frac{\Omega}{H^{3/2}\ mA}$$

Meßdruck 55 kg

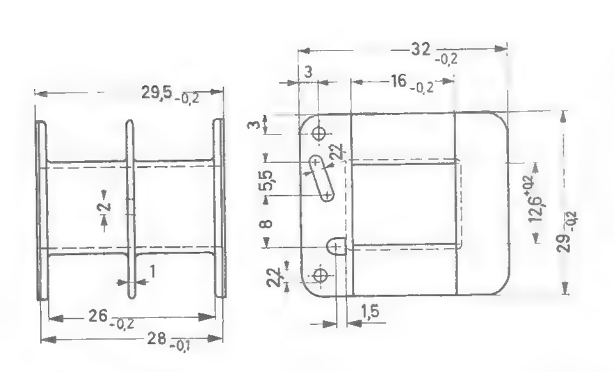


E-Kern E 42 (M 42)
Zubehörteile



Zusammenstellung der Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Übertrager	zul. Temperaturbereich
1	s. Kerntypen	E-Kern	FXC 3E1	2	
2a	VA 901 21	Spulenkörper 1K.	Preßstoff 31.5	1	-50 bis +140°C
2b	VA 901 22	Spulenkörper 2K.	Preßstoff 31.5	1	-50 bis +140°C
3	VA 901 24	Druckrahmen	Preßstoff 31	1	-50 bis +140°C
4	VA 901 25	Lötösenrahmen	Hartpapier	1	-30 bis +110°C
5	VA 901 26	Isolierbeilage	Hartpapier	1	-30 bis +110°C
6	M 2,6 x 25	DIN 84	Stahl, vernick	2	
7	B 050 AH/2,8	Scheibe 2,8 ∅ DIN 433	Preßspan	2	-30 bis +110°C



Spulenkörper VA 901 22 (VA 901 21 gleiche Abmessungen ohne Zwischenflansch)

Wickeldaten

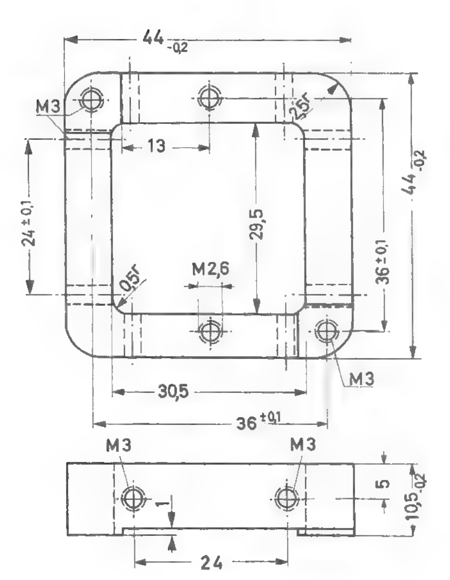
Wickelquerschnitt
$W = 1,6\ cm^2$

Mittl. Windungslänge
$l_W = 9,0$ cm

E-Kern E 42 (M 42)

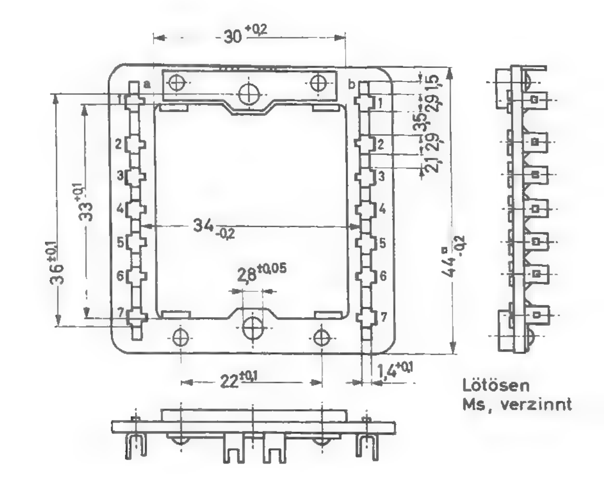
Zubehörteile

Druckrahmen
VA 901 24



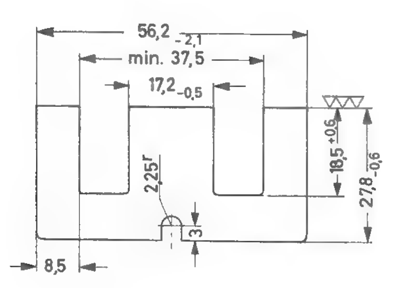
Isolierbeilage
VA 901 26

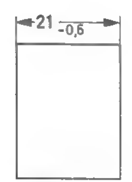
Lötösenrahmen
VA 901 25









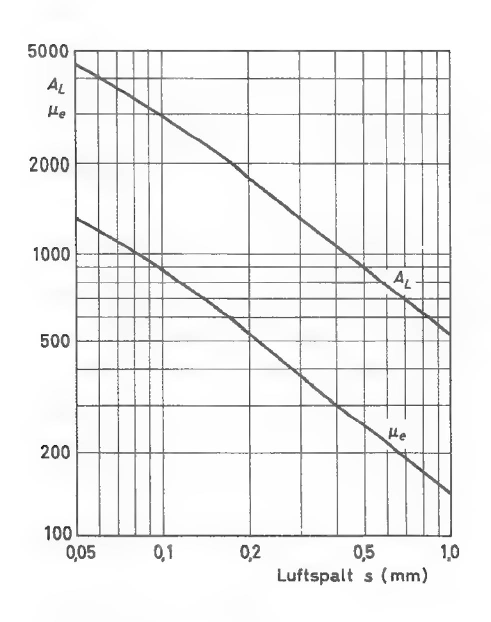


Material FXC 3E1

Gewicht 115 g

Technische Daten

Typ	Ausführung	Luftspalt s mm	A_L-Wert nH	α $mH^{-1/2}$	μ_e Richtwert
K5 401 25	E 55-00-3E1	–	9400 ±25 %	10,3	2600



Magnetische Daten (pro Paar)

Magn. Formkonstante $\sum \frac{l}{A}$ = 3,5 cm^{-1}

Hysteresevolumen V_e = 43,7 cm^3

Mittl.magn. Weglänge l_e = 12,3 cm

Mittl.magn.Querschn. A_e = 3,55 cm^2

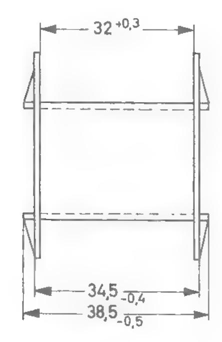
Hysteresefaktor

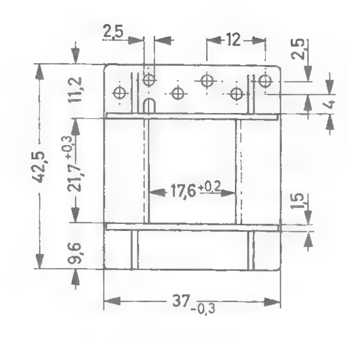
$q_{2(24-100)} < 4 \frac{\Omega}{H^{3/2}\ mA}$

Meßdruck 70 kg



Spulenkörper VA 901 36





<u>Wickeldaten</u>

Wickelquerschnitt	W =	2,5 cm^2
Mittl. Windungslänge	l_W =	11,6 cm

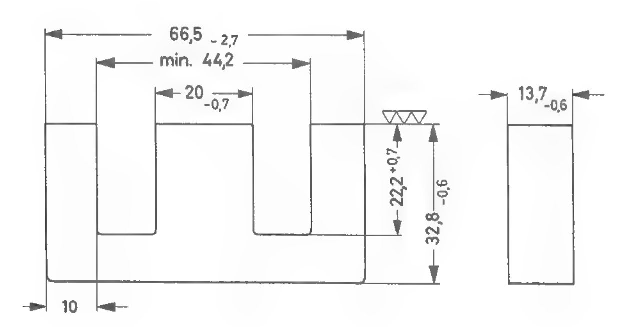
Werkstoff	Hostalen PPN
Zul. Temperaturbereich	-10 bis +100 °C

Halterungsteile sind zu diesem E-Kern nicht lieferbar.



E-Kern E 65 (M 65)

Kerntypen; magn. Daten



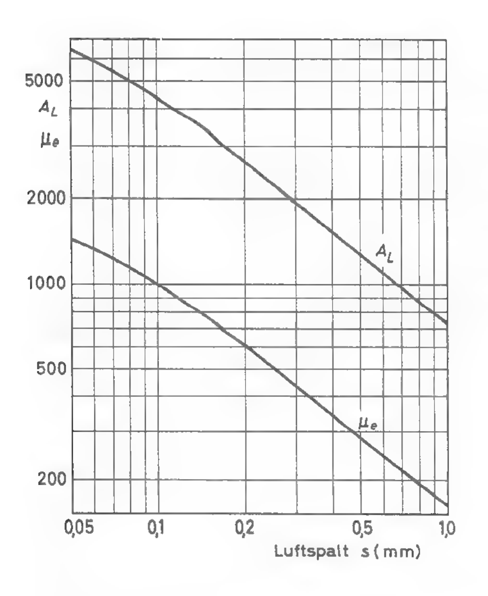
Material FXC 3E1

Gewicht 76 g

Ein Übertragerkern M 65 besteht aus 4 E-Kernen K5 400 60

Technische Daten

Typ	Ausführung	Luftspalt s mm	A_L-Wert nH	α $mH^{-1/2}$	μ_e Richtwert
K5 400 60	E 65-00-3E1	-	11200 ±25 %	9,4	2450



Magnetische Daten
(pro Satz M 65 = 4 E-Kerne)

Magn. Formkonstante $\sum \frac{l}{A}$ = 2,75 cm^{-1}

Hysteresevolumen V_e = 78 cm^3

Mittl.magn. Weglänge l_e = 14,7 cm

Mittl.magn.Querschn. A_e = 5,3 cm^2

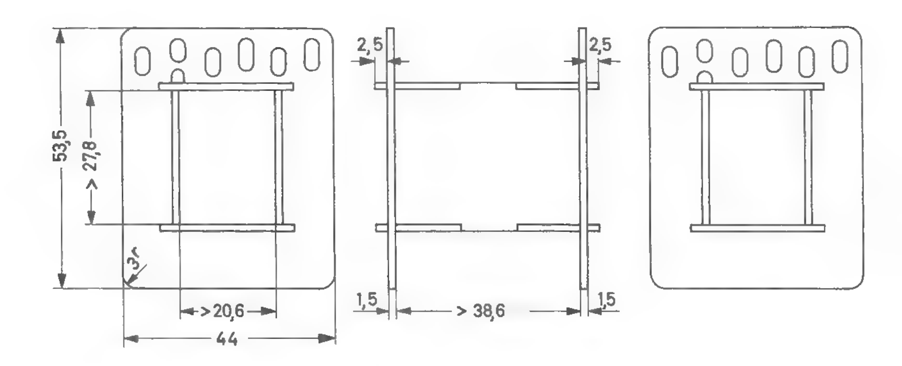
Hysteresefaktor

$q_{2(24-100)} < 7 \frac{\Omega}{H^{3/2}\,mA}$

Meßdruck 80 kg



Spulenkörper VA 901 31



Wickeldaten

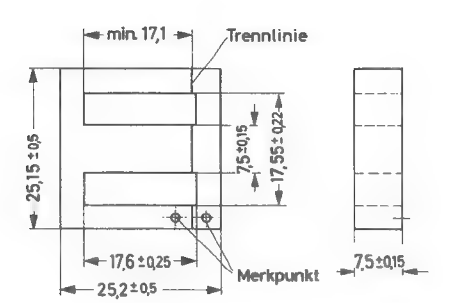
Wickelquerschnitt	W	= 3,55 cm²
Mittl. Windungslänge	l_W	= 14 cm

Werkstoff	Hartpapier Klasse II Typ 2061, DIN 7735
Zul. Temperaturbereich	-30 bis +110 °C

Halterungsteile sind zu diesem E-Kern nicht lieferbar.



EI-Kern EI 25
Kerntyp



Material Ferroxcube 3C6
Gewicht 17,5 g

Der Übertragerkern EI 25 eignet sich besonders für Anwendungen bei höheren Aussteuerungen. E- und I-Kern sind an der Trennlinie nicht feingeschliffen. Die Luftspalteinstellung kann durch Einlegen einer Folie oder eines Papierstreifens erfolgen. Bei Verwendung der Halterung kann der eingelegte Streifen max. 0,4 mm dick sein. Das entspricht einem Luftspalt von max. 0,8 mm.

Liefermöglichkeit von Kernen EI 25 mit geschliffenen Trennflächen auf Anfrage.

E- und I-Kerne sind nicht einzeln lieferbar.

Der Kern EI 25 ist nach DIN 41 302, Seite 3, Typ EE 25 ausgeführt. Spulenkörper nach DIN 41 305, Typ EE 25 passen in jedem Fall.

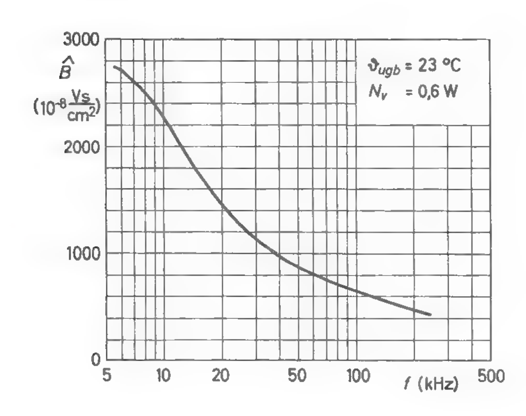
Technische Daten

Typ	Ausführung	Luftspalt s	A_L
VK 252 02	EI 25-3C6	einstellbar	300 ±10 % bei s = 0,2

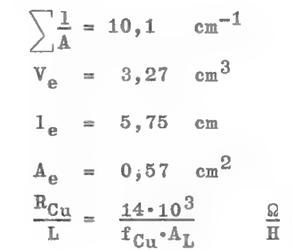


EI-Kern EI 25

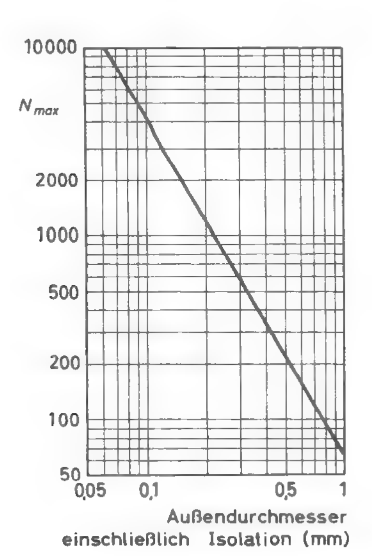
magn. Daten; Wickeldaten



Zulässige Induktion B in Abhängigkeit von der Frequenz (Sinusform)



Magn. Formkonstante	$\sum \frac{l}{A}$ =	10,1	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e =	3,27	cm^3
Mittl. magn. Weglänge	l_e =	5,75	cm
Mittl. Kernquerschnitt	A_e =	0,57	cm^2
Gleichstromverlustmaß	$\frac{R_{Cu}}{L}$ =	$\frac{14 \cdot 10^3}{f_{Cu} \cdot A_L}$	$\frac{\Omega}{H}$



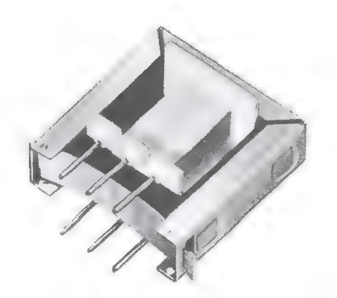
Wickeldaten

Wickelquerschnitt W	0,61 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	4,9 cm

Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers

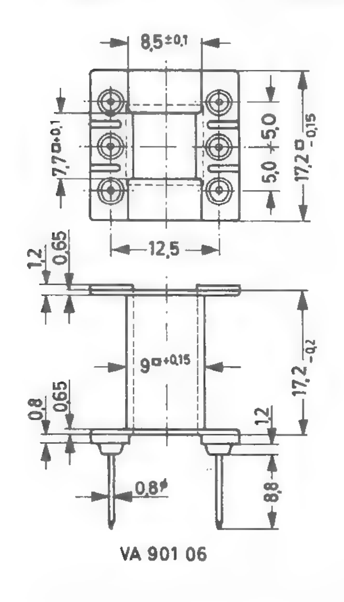


El-Kern El 25
Zubehörteile

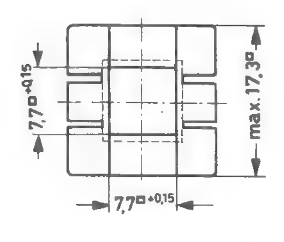


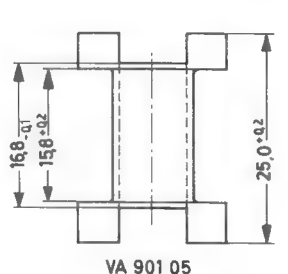
Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff	Stück pro Übertrager	zul. Temperaturbereich
1	EI 25-3C6	EI-Kern	FXC 3C6	1	
2a	VA 901 06	Spulenkörper	Preßstoff	1	-40 bis +140 °C (kurzzeitig +280 °C)
2b	VA 901 05	Spulenkörper	Polystyrol VI	(1)	-20 bis +70 °C
3	VA 901 08	Bügel	Stahl, vern.	1	
4	VA 901 09	Feder	Federst., cadm.	1	



VA 901 06



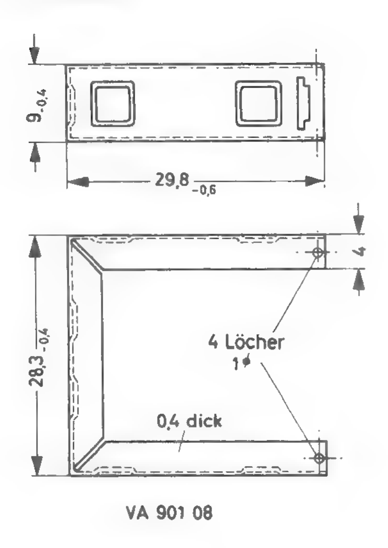


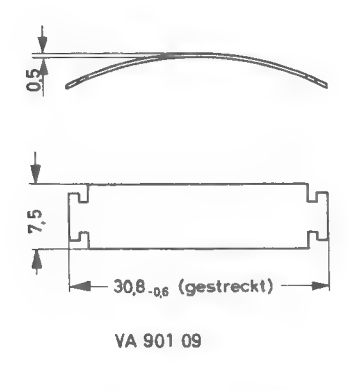
VA 901 05
nach DIN 41 305

Teil
2a und 2b

Spulenkörper

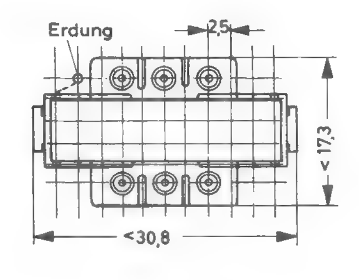


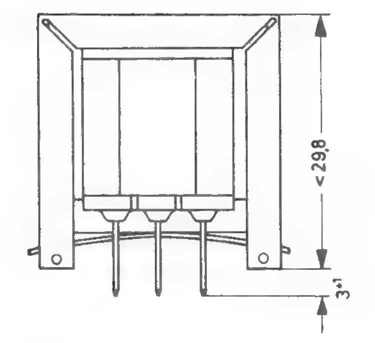




Teil 4 Feder VA 901 09

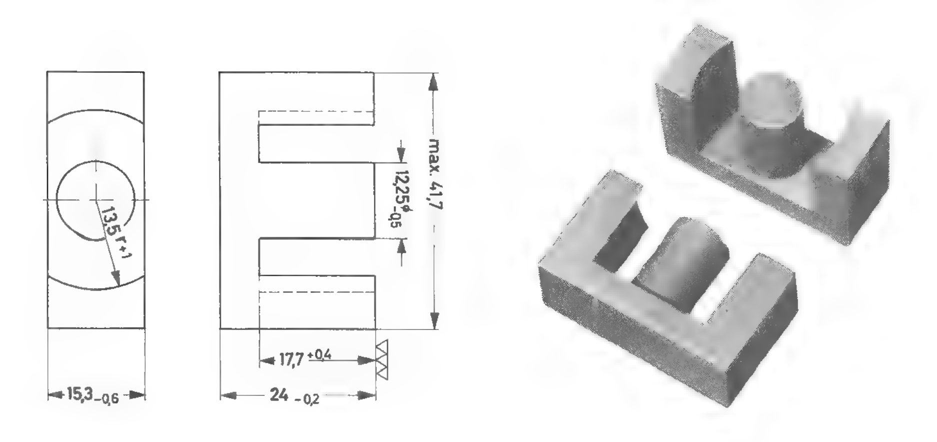
Teil 3 Bügel VA 901 08





Einbaumaße





Gewicht 45 g

Die nachstehenden magnetischen Daten gelten für das zusammengesetzte E-Kernpaar.

Typ	Ausführung	FXC-Sorte	A_L (nH)	α ($mH^{-1/2}$)	μ_e	$\sum l/A$ Kernkonstante (cm^{-1})	A_e Mittl. magn. Querschnitt (cm^2)	l_e Mittl. magn. Weglänge (cm)	V_e Hysterese-volumen (cm^3)
K5 400 40	E 41/24/15	3E1	>3500	<16,9	>1920	6,85	1,4	9,9	14,2

Zu diesem E-Kern sind keine Spulenkörper und Halterungen lieferbar.



Bei dem Aufbau von Schaltungen unter Verwendung gedruckter Leiterplatten sind quaderförmige Bauelemente für die Ausnutzung der Leiterplatten-Grundfläche am zweckmäßigsten. Der zweite konstruktionsbestimmende Faktor für Übertrager ergibt sich aus der Forderung nach möglichst geringen Verlusten pro Volumeneinheit bei hoher Kernpermeabilität. Aus diesen Überlegungen heraus wurden die Ferroxcube-Kreuzkerne entwickelt, die sich besonders für den Einbau in gedruckte Schaltungen eignen.

Das VALVO-Programm enthält folgende Größen:

Ausführung	mit Halterung max. Grundfläche mm	max. Höhe mm	Zahl der Anschlüsse	A_L-Wert nH	μ_e
X 22	22,45 □	16,25	8	≥3150	>1440
X 30	30,75 □	26,2	12	≥3950	>1525
X 35	36,0 □	31,0	16	≥4820	>1540

Die A_L-Werte gelten für Kernpaare ohne Luftspalt, Werkstoff FXC 3H1.

Ausführung und Montage

Ferroxcube-Kreuzkerne werden, ebenso wie E-Kerne, einzeln geliefert. Bei Kreuzkernen mit Luftspalt ist der zylindrische Mittelzapfen gekürzt. Die Luftspaltangabe bezieht sich auf den Einzelkern. Ein Übertragerkern X 30 mit Luftspalt s = 0,4 mm läßt sich aus einem Kreuzkern mit s = 0,15 mm und einem anderen mit s = 0,25 mm zusammensetzen.

Die Spulenkörper aus tauchlötfestem und elektrisch hochwertigem Polyesterpreßstoff tragen an einem Flansch die Anschlußstifte. Damit ist das Anlöten der Wickelenden sofort in der Wickelei, z.B. durch Tauchlötung, möglich. Eine eingepreßte Rille dient als Markierung.

Bei Montage des Übertragers soll das Loch in der Deckplatte über dieser Markierung des Spulenkörpers liegen, damit das Einsetzen des symmetrischen Übertragers in die Leiterplatte in definierter Stellung gewährleistet ist.

Für das Umbiegen der acht Zungen des Gehäuses über der Feder-Deckplatte empfehlen wir ein Hilfswerkzeug, zu dem wir auf Wunsch Zeichnungen zur Verfügung stellen.



Falls der Kreuzkern-Übertrager ohne Halterung benutzt wird, ermöglicht das axiale Mittelloch die Verwendung einer Befestigungsschraube. Der Druck auf die Kerne soll dann durch eine Tellerfeder auf die äußeren Enden der vier Arme wirken, um eine Beeinflussung der Kermpermeabilität zu vermeiden.

Auf den folgenden Datenblättern sind die wichtigsten Größen für Übertrager-Berechnungen angegeben. Neben der Abhängigkeit des A_L-Wertes von der Aussteuerung (bzw. Ampere-Windungszahl) $A_L = f\ (NI_\sim)$ ist die Abhängigkeit $L \cdot I_-^2 = f\ (NI_-)$ mit dem Luftspalt als Parameter dargestellt (Hanna-Kurven).

Außerdem sind der Parallel-Reaktanz-Faktor in Abhängigkeit von der Induktion $\frac{\omega L_p}{N^2} = \omega A_L = f\ (\hat{B})$ und die Abhängigkeit des Parallel-Widerstandsfaktors $\frac{R_p}{N^2}$ von der Frequenz f mit der Induktion als Parameter aufgetragen.

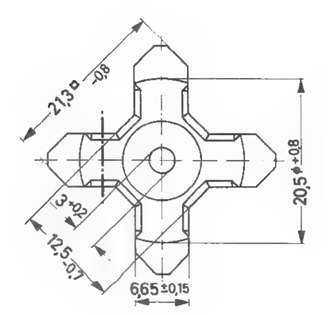
Die obere Grenzfrequenz für Kreuzkerne aus Ferroxcube 3H1 liegt für Übertrageranwendungen bei ca. 5 MHz.

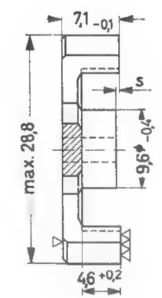




Kreuzkern X 22

Kerntypen; magn. Daten





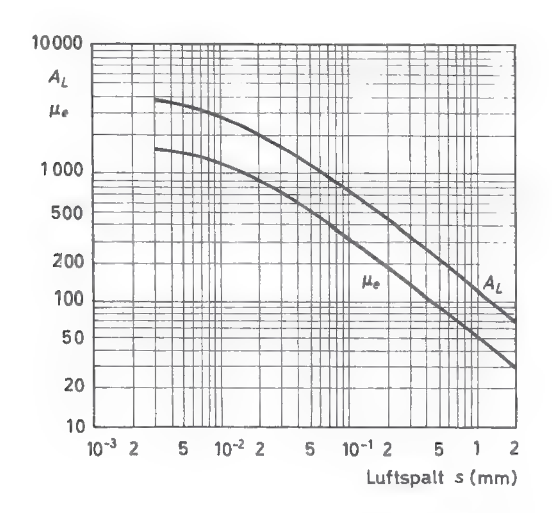
Gewicht ca. 6 g

Typ	Ausführung	FXC Sorte	Luftspalt s mm	A_L-Wert nH	μ_e
K5 351 92	X 22-00-3H1	3H1	-	≧3150	≧1440
K5 352 50	X 22-05-3H1	3H1	0,05 ±0,015	ca. 1100	ca. 500
K5 352 51	X 22-15-3H1	3H1	0,15 ±0,02	ca. 480	ca. 220
K5 352 52	X 22-25-3H1	3H1	0,25 ±0,02	ca. 350	ca. 150
K5 351 90	X 22-00-3E1	3E1	-	≧3250	≧1490
K5 351 93	X 22-00-4C4	4C4	-	≧215	≧98

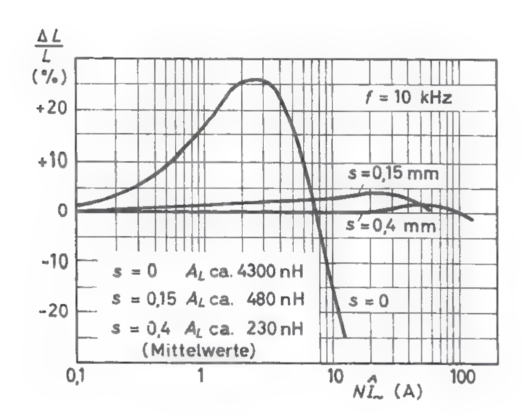
<u>Magnetische Daten</u>

Magn. Formkonstante	$\sum \frac{l}{A}$	$= 5{,}75\ \text{cm}^{-1}$
Hysteresevolumen	V_e	$= 2{,}5\ \text{cm}^3$
Mittl. magn. Weglänge	l_e	$= 3{,}8\ \text{cm}$
Mittl. Kernquerschnitt	A_e	$= 0{,}65\ \text{cm}^2$
Hysteresefaktor	$q_{2(24-100)}$	$< 1{,}8\ \frac{\Omega}{H^{3/2}\ \text{mA}}$
Meßdruck		7 kg





A_L und μ_e in Abhängigkeit vom Gesamtluftspalt s



Abhängigkeit der Induktivität bzw. des A_L-Wertes von der Aussteuerung bei verschiedenen Luftspalten.



FXC 3H1
f = 1 kHz
$\hat{B} \leq 10 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$

LI_-^2 (HA²): 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}

s = 0,5; 0,3; 0,2; 0,1; 0,05; 0,02; 0,01

NI_- (A): 0,1; 1; 10; 100; 1000

FXC 3E1
f = 1 kHz
$\hat{B} \leq 10 \cdot 10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$

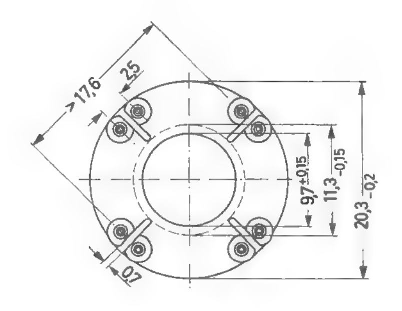
LI_-^2 (HA²): 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}

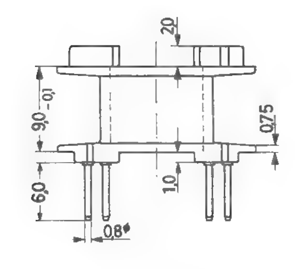
s = 0,6; 0,3; 0,15; 0,08; 0,04; 0,02; 0,01; 0,003

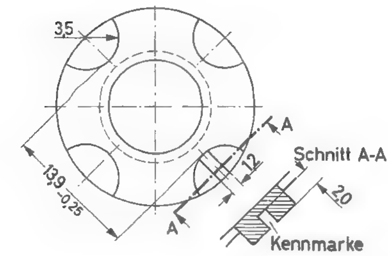
NI_- (A): 0,1; 1; 10; 100; 1000

Einfluß der Vormagnetisierung bei verschiedenen Größen des Gesamtluftspaltes s in mm (Hanna-Kurven).

Spulenkörper VA 901 54

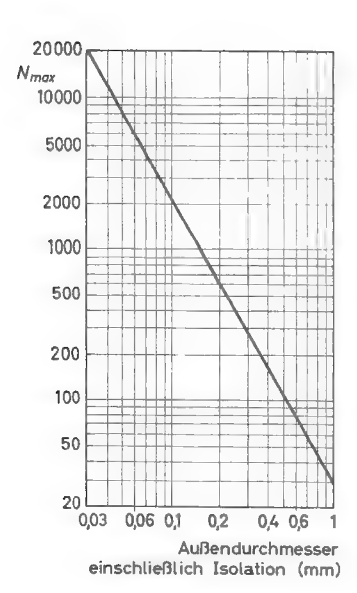






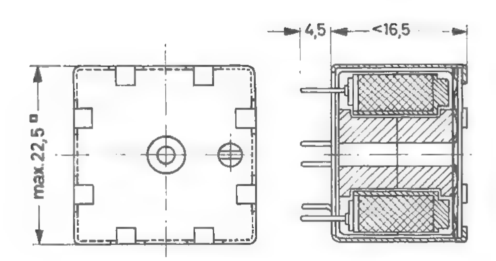
Werkstoff	Polyester mit Glasfaser
Zul. Temperatur	-50 bis +130 °C (kurzzeitig bis +280 °C)
Wickelquerschnitt W	0,3 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	4,9 cm

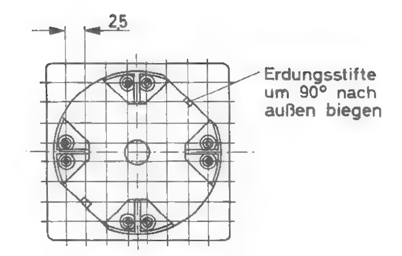




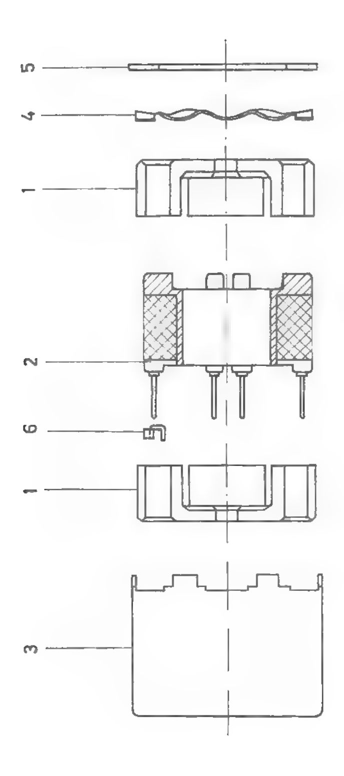
Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers

Halterung









Zusammenstellung aller Zubehörteile

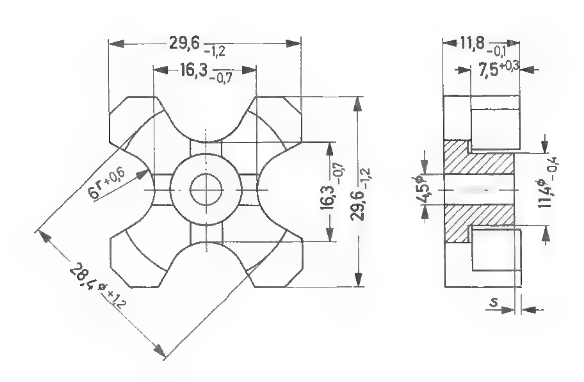
Teil	Typ	Bezeichnung	Stück pro Übertrager	Werkstoff	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Kreuzkern X 22	2	s. Kerntypen	
2	VA 901 54	Spulenkörper	1	Preßstoff	
3	VA 901 51	Gehäuse	1	Ms, vernickelt	
4	B1 480 30	Feder	1	Federstahl	cadmiert
5	VA 901 52	Platte	1	Ms, vernickelt	
6	B1 431 53	Lötanschluß	bis 8	Ms, verzinnt	besonders bestellen





Kreuzkern X 30

Kerntypen; magn. Daten



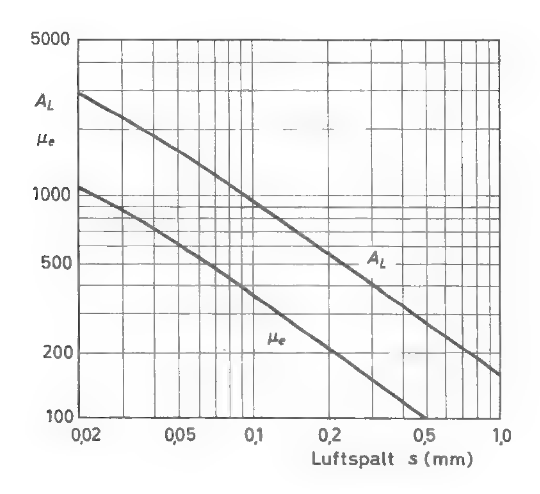
Gewicht ca. 19 g

Typ	Ausführung	FXC Sorte	Luftspalt s mm	A_L-Wert nH	μ_e
K5 352 55	X 30-00-3H1	3H1	–	≥3950	≥1525
K5 352 65	X 30-02-3H1	3H1	0,02 ±0,01	ca. 2800	ca. 1050
K5 352 66	X 30-05-3H1	3H1	0,05 ±0,015	ca. 1600	ca. 600
K5 352 67	X 30-15-3H1	3H1	0,15 ±0,02	ca. 660	ca. 250
K5 352 68	X 30-25-3H1	3H1	0,25 ±0,02	ca. 450	ca. 170

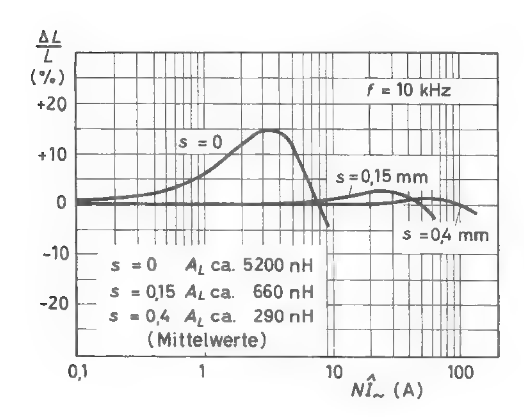
Magnetische Daten

Magn. Formkonstante	$\sum \frac{l}{A}$	$= 4{,}9\ \mathrm{cm}^{-1}$
Hysteresevolumen	V_e	$= 6{,}3\ \mathrm{cm}^3$
Mittl. magn. Weglänge	l_e	$= 5{,}5\ \mathrm{cm}$
Mittl. Kernquerschnitt	A_e	$= 1{,}1\ \mathrm{cm}^2$
Hysteresefaktor	$q_{2(24-100)}$	$< 1{,}8\ \frac{\Omega}{H^{3/2}\ \mathrm{mA}}$
Meßdruck		25 kg



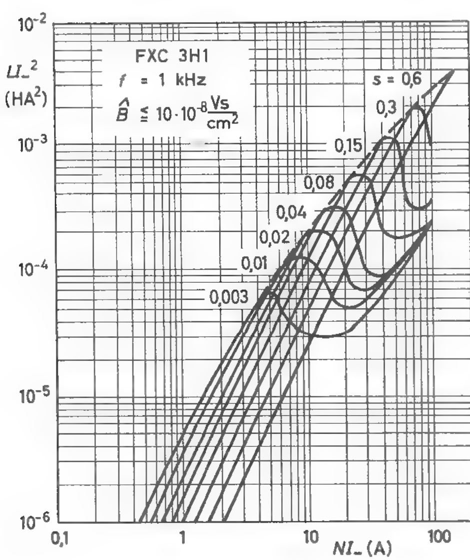


A_L und μ_e in Abhängigkeit vom Gesamtluftspalt s

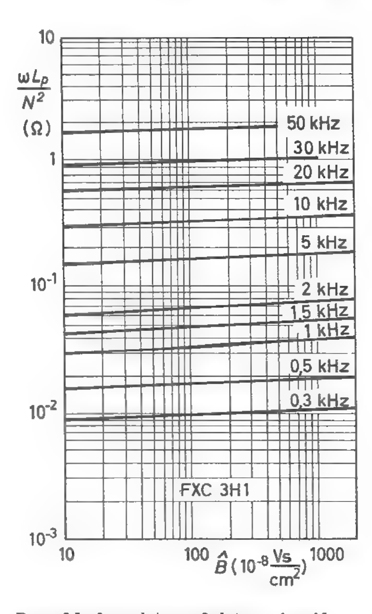


Abhängigkeit der Induktivität bzw. des A_L-Wertes von der Aussteuerung bei verschiedenen Luftspalten.

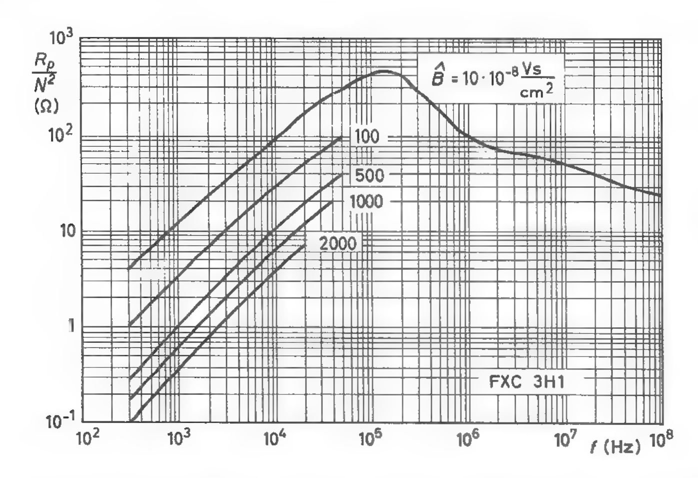




Einfluß der Vormagnetisierung bei verschiedenen Größen des Gesamtluftspaltes s in mm (Hanna-Kurven)

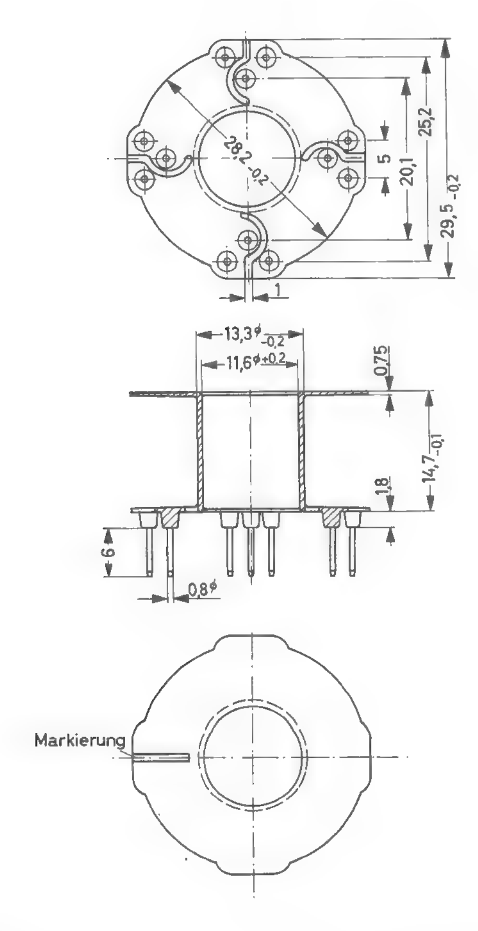


Parallelreaktanzfaktor in Abhängigkeit von der Induktion $\hat{B}$ bei verschiedenen Frequenzen

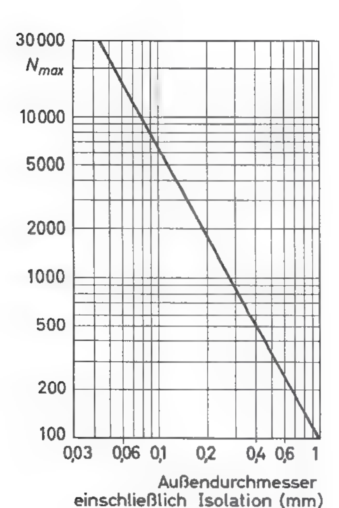


Parallelwiderstandsfaktor in Abhängigkeit von der Frequenz bei verschiedenen Induktionen $\hat{B}$ in $10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}$

Spulenkörper P4 057 50

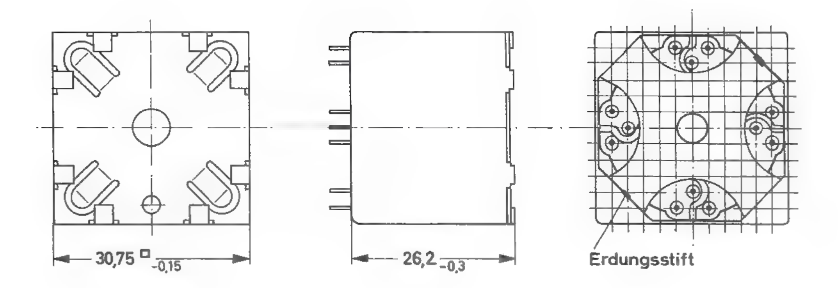


Werkstoff	Polyester mit Glasfaser
Zul. Temperatur	-50 bis +130 °C (kurzzeitig bis +280 °C)
Wickelquerschnitt W	0,95 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	6,3 cm

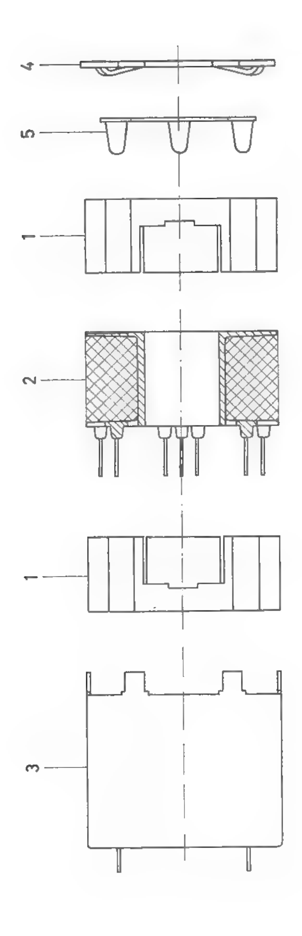


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers

Halterung







Zusammenstellung aller Zubehörteile

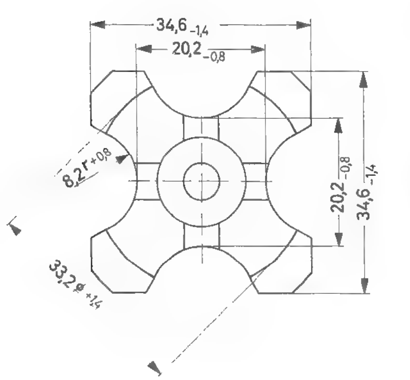
Teil	Typ	Bezeichnung	Stück pro Übertrager	Werkstoff	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Kreuzkern X 30	2	FXC 3H1	
2	P4 057 50	Spulenkörper	1	Preßst., tauchlötfest	12 Anschlußstifte
3	B1 410 54	Gehäuse	1	Messing, vernickelt	
4	B1 453 49	Deckel	1	Phosphorbronze	mit Federteil
5	P7 050 16	Druckring	1	Silikongummi	zum Festlegen des Spulenkörpers

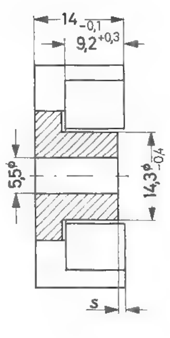




Kreuzkern X 35

Kerntypen; magn. Daten





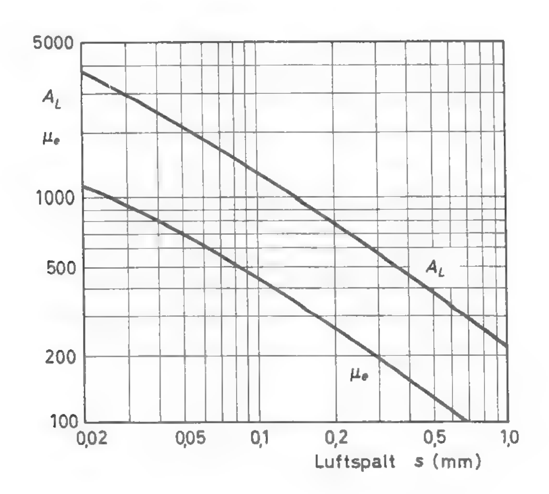
Gewicht ca. 29 g

Typ	Ausführung	FXC Sorte	Luftspalt s mm	A_L-Wert nH	μ_e
K5 352 60	X 35-00-3H1	3H1	-	≧4820	≧1540
K5 352 70	X 35-02-3H1	3H1	0,02 ±0,01	ca. 3500	ca. 1100
K5 352 71	X 35-05-3H1	3H1	0,05 ±0,015	ca. 2100	ca. 670
K5 352 72	X 35-15-3H1	3H1	0,15 ±0,02	ca. 960	ca. 305
K5 352 73	X 35-25-3H1	3H1	0,25 ±0,02	ca. 630	ca. 210

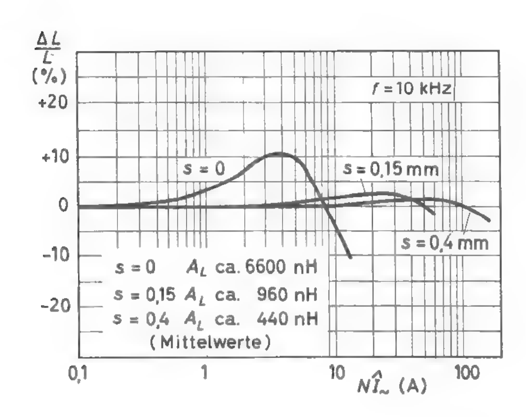
Magnetische Daten

Magn. Formkonstante	$\sum \frac{l}{A}$	=	4,1	cm^{-1}
Hysteresevolumen	V_e	=	11,0	cm^3
Mittl. magn. Weglänge	l_e	=	6,7	cm
Mittl. Kernquerschnitt	A_e	=	1,6	cm^2
Hysteresefaktor	$q_{2(24-100)}$	<	1,8	$\frac{\Omega}{H^{3/2}\ mA}$
Meßdruck			55	kg



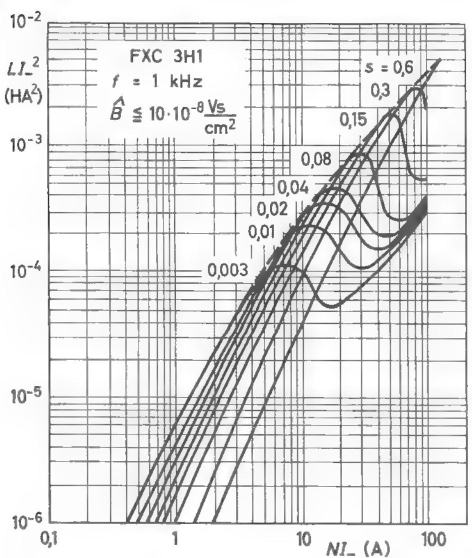


A_L und μ_e in Abhängigkeit vom Gesamtluftspalt s

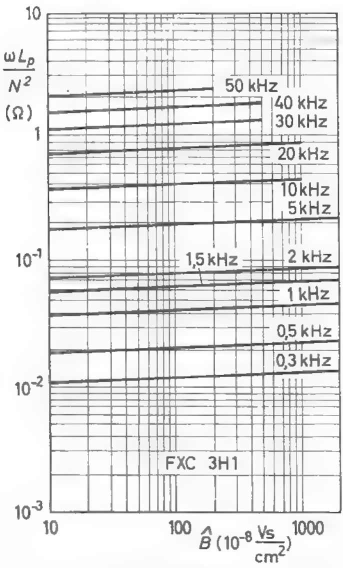


Abhängigkeit der Induktivität bzw. des A_L-Wertes von der Aussteuerung bei verschiedenen Luftspalten.

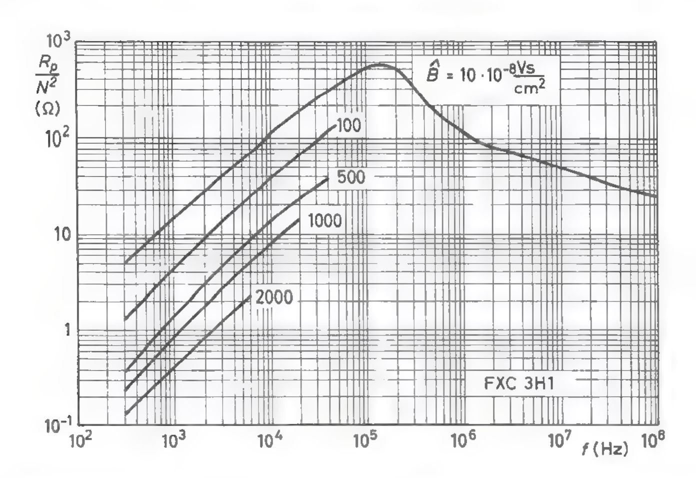




Einfluß der Vormagnetisierung bei verschiedenen Größen des Gesamtluftspaltes s in mm (Hanna-Kurven)

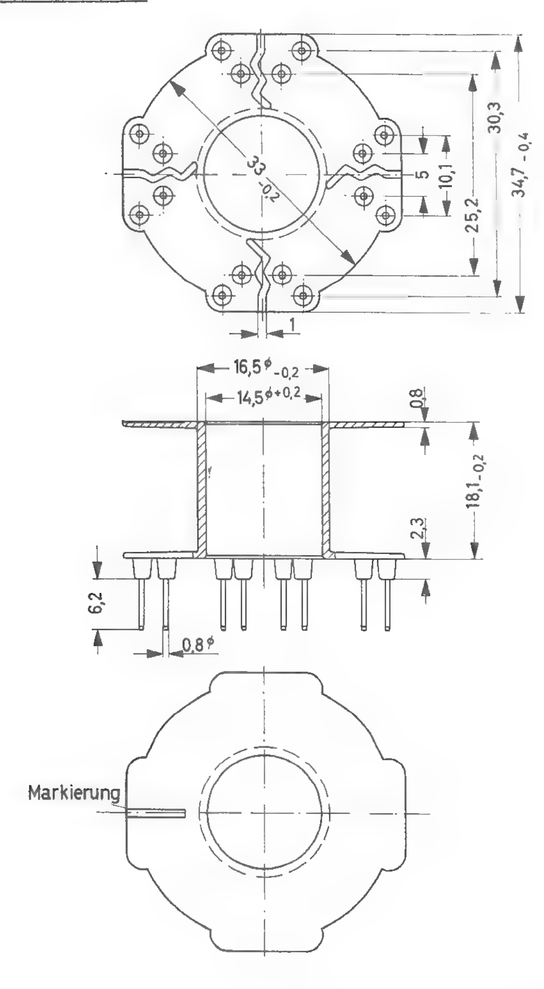


Parallelreaktanzfaktor in Abhängigkeit von der Induktion $\hat{B}$ bei verschiedenen Frequenzen

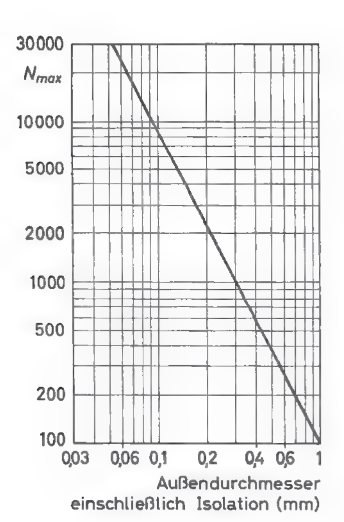


Parallelwiderstandsfaktor in Abhängigkeit von der Frequenz bei verschiedenen Induktionen $\hat{B}$ in $10^{-8}\ \frac{Vs}{cm^2}$

Spulenkörper P4 057 51

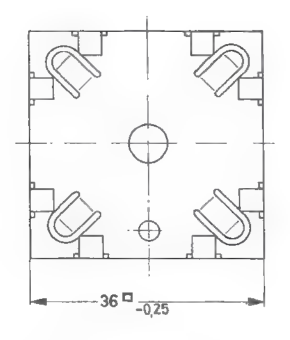


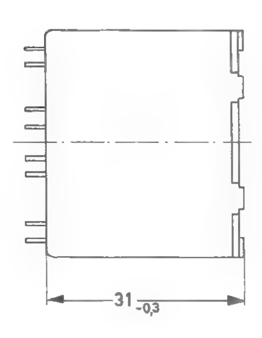
Werkstoff	Polyester mit Glasfaser
Zul. Temperatur	-50 bis +130 °C (kurzzeitig bis +280 °C)
Wickelquerschnitt W	1,25 cm^2
Mittl. Windungslänge l_W	7,6 cm

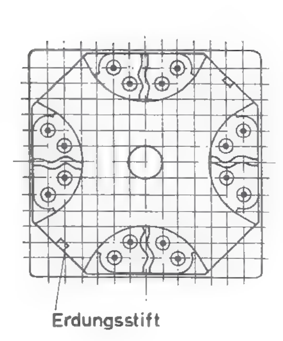


Maximale Windungszahl als Funktion des Draht-Außendurchmessers

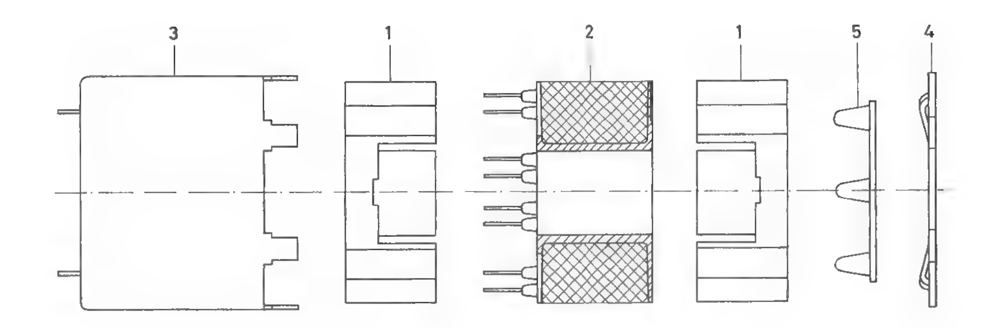
Halterung







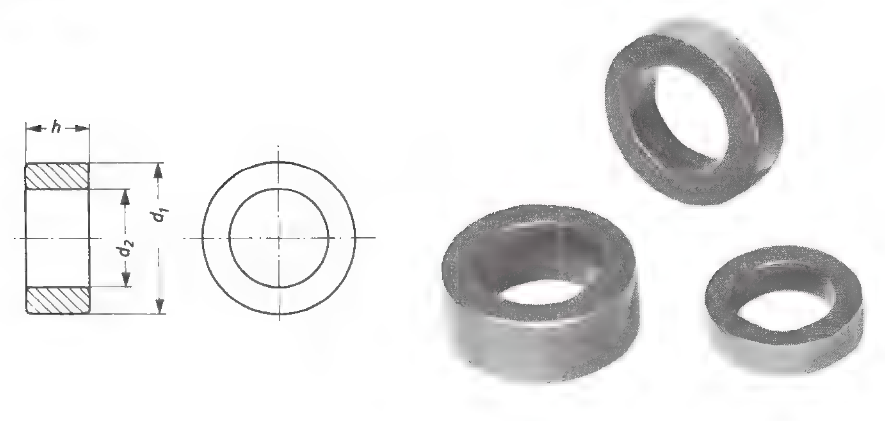




Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Stück pro Übertrager	Werkstoff	Bemerkungen
1	s. Kerntypen	Kreuzkern X 35	2	FXC 3H1	
2	P4 057 51	Spulenkörper	1	Preßst., tauchlötfest	16 Anschlußstifte
3	B1 410 55	Gehäuse	1	Messing, vernickelt	
4	B1 453 50	Deckel	1	Phosphorbronze	mit Federteil
5	P7 050 17	Druckring	1	Silikongummi	zum Festlegen des Spulenkörpers





Ringkerne aus hochpermeablem Ferroxcube 3H1 bzw. 3E1 haben praktisch kein Streufeld. Sie eignen sich daher besonders für den Bau von Übertragern mit hohen Symmetrie-Anforderungen sowie für Breitbandübertrager, Impulsübertrager und für Übertrager mit hoher Induktivität bei kleinstem Volumen sowie für Festwertspeicher. Trotz des geschlossenen magnetischen Kreises sind die Verluste im FXC-Ringkern niedrig.

Ringkerne aus Ferroxcube 3H1

Typ	FXC-Sorte	d_1 (mm)	d_2 (mm)	h (mm)	l_e (mm)	A_e (mm^2)	V_e (mm^3)	Gew. (g)	μ_i
K5 283 05	3H1	2,0±0,1	1,3±0,1	0,7±0,1	5,11	0,245	1,25	0,006	>2000
K5 281 85 K3 004 95		4,0±0,1	2,2±0,1	1,1±0,1	9,46	0,99	9,37	0,05	
K5 282 40 K3 004 96		6,0±0,15	4,0±0,15	2,0±0,1	15,5	2,0	31,0	0,15	
K5 282 45 K3 004 97		9,0±0,2	6,0±0,2	3,0±0,1	23,3	4,5	105,0	0,5	
K5 283 10 K3 004 98		14,0±0,3	9,0±0,25	5,0±0,15	35,5	12,5	445,0	2,1	
K5 283 00 K3 004 99		23,0±0,5	14,0±0,35	7,0±0,2	57,0	31,5	1790,0	8,6	

K5 ... .. nicht lackiert K3 ... .. lackiert



Alle Ringkerne sind auch in lackierter Ausführung lieferbar. Der Kunstharzlacküberzug ist 0,2 bis 0,3 mm dick. Dadurch ist eine Anbringung der Wicklung direkt auf dem Ringkern möglich. Die in der Tabelle angegebenen Abmessungen gelten ohne den Kunststoffüberzug.

Die Farbe des Lackes dient zur Bezeichnung der Permeabilitätstoleranz. Da die Ringkerne nach Permeabilitätsgruppen sortiert werden, müssen wir uns bei Bestellung eines Typs vorbehalten, welche Farben wir liefern. Durch entsprechende Anpassung der Windungszahl an die µ-Gruppe bzw. Kennfarbe können Induktivitäten mit enger L-Toleranz hergestellt werden.

A_L-Werte der µ-Gruppen

Gruppe	μ_i	Farbe	A_L-Werte (nH) (Mittelwerte)				
			K3 004 95	K3 004 96	K3 004 97	K3 004 98	K3 004 99
1	2000-2200	braun	275	340	510	926	1450
2	2140-2360	rot	294	365	544	986	1560
3	2300-2540	orange	318	394	588	1068	1680
4	2480-2740	gelb	342	424	631	1150	1810
5	2680-2960	grün	372	459	685	1250	1960
6	2900-3210	blau	401	497	744	1340	2120
7	3150-3480	violett	435	536	796	1460	2290
8	3420-3780	grau	467	581	864	1575	2470
9	3720-4110	weiß	510	634	944	1725	2710
10	>4050	schwarz	532	660	989	1780	2820

Die Windungszahl ergibt sich aus

$$L = N^2 \cdot A_L \quad \text{in nH} \; .$$

Für die µ-Gruppe 10 (Kennfarbe schwarz) ist keine obere µ- bzw. A_L-Grenze festgelegt. Der angegebene A_L-Wert ist ein Mindestwert.

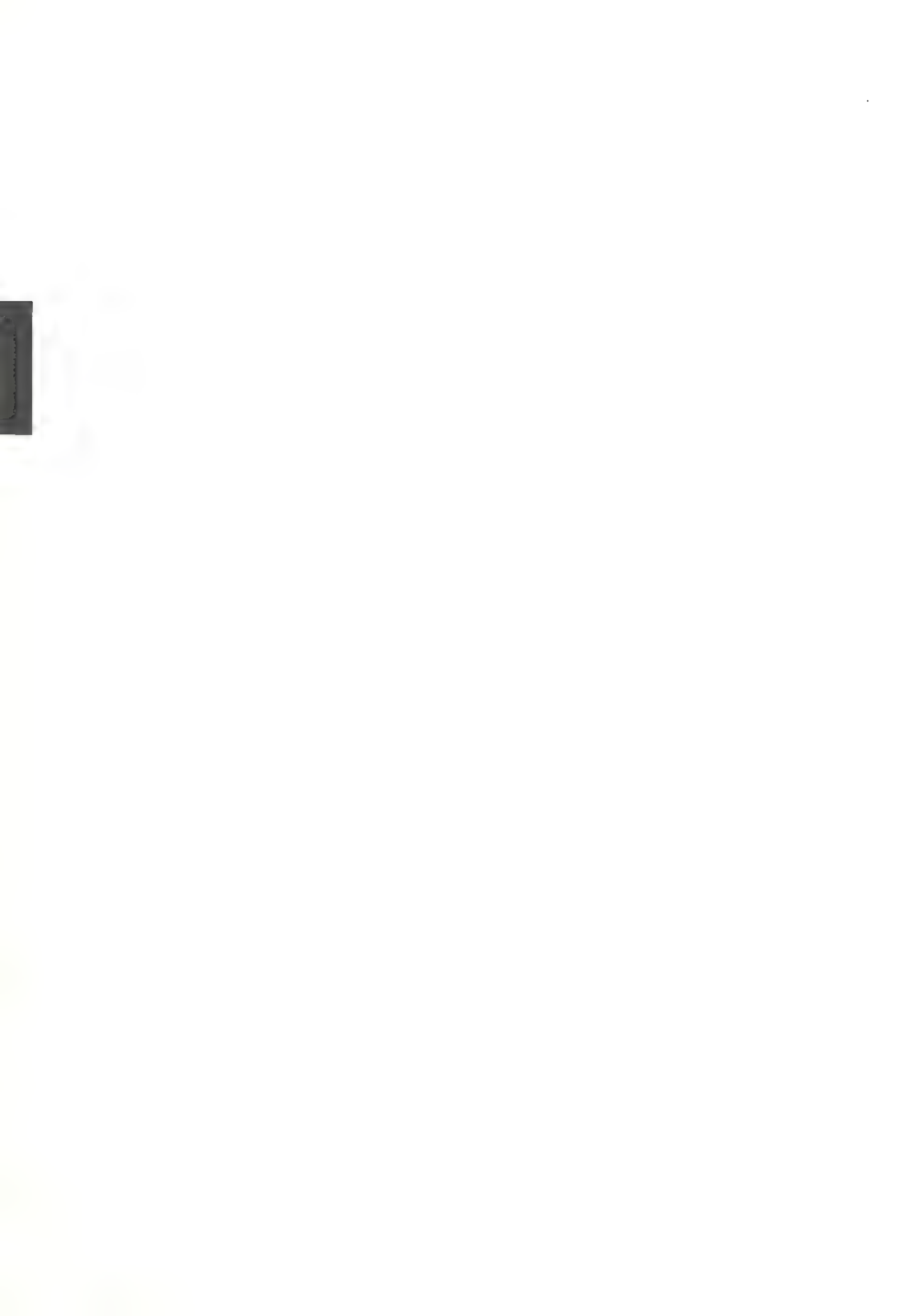


Ringkerne aus FXC 3E1

Die nachstehend aufgeführten Ringkerne haben einen grünen Lacküberzug. Sie werden nicht in µ-Gruppen sortiert geliefert.

Typ	FXC-Sorte	d_1 (mm)	d_2 (mm)	h (mm)	l_e (mm)	A_e (mm²)	V_e (mm³)	Gew. g	μ_i ±20 %	A_L (nH)
K3 005 00		36±0,7	23±0,5	10 ±0,2	92,0	65	5600	29		2560
K3 005 01	3E1	36±0,7	23±0,5	15 ±0,2	92,0	98	8500	44	2700	3860
K3 005 02		29±0,5	19±0,4	7,5±0,2	75,0	38	2580	13		1810

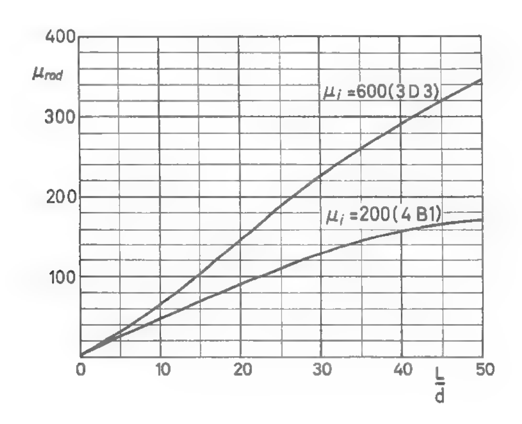
Ringkerne aus anderen FXC-Sorten, z.B. FXC 3E2 und 4C4, auf Anfrage





Ferrit-Antennenstäbe wurden für induktive Empfangsantennen in Rundfunkempfängern entwickelt.

Ferrit-Antennenstäbe werden aus den FERROXCUBE-Sorten 4B1 und 3D3 hergestellt. Infolge der höheren Werkstoffpermeabilität liegt die Empfangsleistung der Stäbe aus FXC 3D3 höher als bei Stäben mit gleichen Abmessungen aus FXC 4B1. Die Empfangsleistung von Ferrit-Antennen steigt mit zunehmender Stablänge. In nachfolgender Abbildung ist die Stabpermeabilität μ_{rod} - ein Maß für die Größe der Kon-



zentration des magnetischen Feldes im Stab - in Abhängigkeit vom Verhältnis $\frac{\text{Stablänge L}}{\text{Stabdurchmesser d}}$ aufgetragen. Danach bringt eine höhere Anfangspermeabilität des Werkstoffes bei größerem Verhältnis $\frac{L}{d}$ erheblich höhere Empfangsleistung. Das für die Empfangsleistung maßgebende Produkt von effektiver Antennenhöhe h x Spulengüte Q ist in der folgenden Gegenüberstellung für FXC 3D3 und FXC 4B1 angegeben. Das ebenfalls aufgeführte Produkt h^2. Q ist für Transistorempfänger ein besseres Maß für die Empfangsleistung.



	FERROXCUBE-Sorte	
	3D3	4B1
Induktivität L (µH)	200	200
Windungszahl N	37	44
Q bei 1 MHz	145	130
Effektive Höhe h (m)	$8 \cdot 10^{-3}$	$6{,}6 \cdot 10^{-3}$
h . Q (m)	1,16	0,86
$h^2 \cdot Q$ (m^2)	$9{,}28 \cdot 10^{-3}$	$5{,}63 \cdot 10^{-3}$
Signal/Rauschverhältnis	245	137

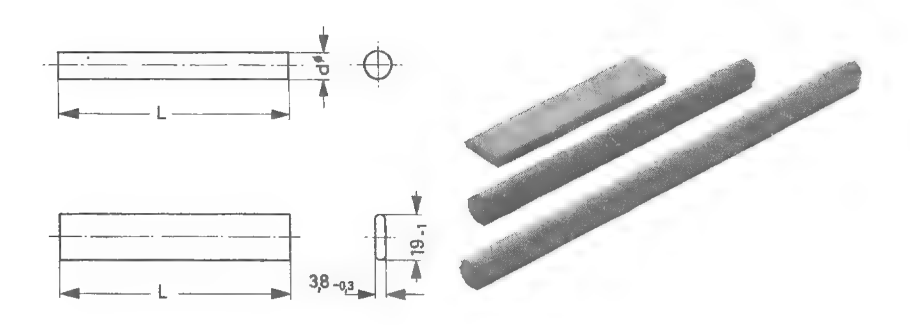
Die Gegenüberstellung bezieht sich auf Stäbe von 10 mm Ø x 200 mm bei eine
Frequenz von 1 MHz.

Zur Verringerung von Wirbelstromverlusten haben die Antennenstäbe aus FXC 3D3 Längsschlitze. Infolge der damit verbundenen Querschnittsverringerung ist die Festigkeit der Stäbe aus FXC 3D3 etwas geringer als bei Stäben aus FXC 4B1. Die Stäbe aus FXC 3D3 sollen daher in jedem Fall an 2 Stellen mittels elastischer Zwischenlage befestigt werden.

Der Temperaturkoeffizient TK_L von Antennenstäben aus FXC 3D3 liegt bei ca. + 100 bis + $150 \cdot 10^{-6}$/grd und ist damit nur halb so groß wie bei FXC 4B1. Diese Angaben sind auf eine Stablänge von 200 mm und den üblichen einlagigen Spulenaufbau bezogen.

Antennenstäbe aus FXC 3D3 und FXC 4B1 eignen sich für Frequenzen bis etwa 1,6 MHz, darüber nehmen die Verluste stärker zu. Für höhere Frequenzen sind Stäbe aus FXC 4C3 lieferbar, die bis etwa 20 MHz eingesetzt werden können.





Werkstoff: FXC 4B1

Typ	Form	Durchmesser d (mm)	Länge L +) (mm)
VK 206 21	rund	8 - 0,4	130 ±2
VK 206 06	"	8 - 0,4	140 ±2
VK 206 12	"	10 - 0,4	140 ±2
VK 206 10	"	10 - 0,4	170 ±2
VK 206 11	"	10 - 0,4	200 ±3
VK 206 20	"	10 - 0,4	240 ±4
K5 120 15	flach	(s. Zeichnung)	75 -3

Der Richtwert des Temperaturkoeffizienten TK_L beträgt in normalen Spulen 150 bis 300 . 10^{-6}/grd.

+) Längentoleranzen auch nach DIN 41 291 Blatt 1 lieferbar.



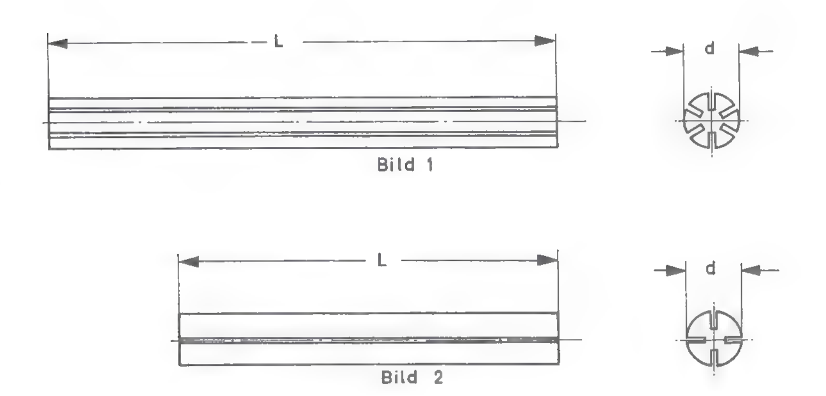


Bild 1

Bild 2

Werkstoff FXC 3D3

Typ	Durchmesser d (mm)	Länge L+) (mm)	Anzahl der Längsrillen	Bild
FC 712 32	8 - 0,4	140 ±2	4	2
FC 712 33	10 - 0,4	140 ±2	6	1
FC 712 34	10 - 0,4	160 ±2	6	1
FC 712 35	10 - 0,4	170 ±2	6	1
FC 712 36	10 - 0,4	200 ±3	6	1
FC 712 37	10 - 0,4	240 ±4	6	1

+) Längentoleranzen auch nach DIN 41 291 Blatt 1 lieferbar.





FERROXCUBE-Rohr- und Stiftkerne werden vorwiegend aus dem Material FXC 3D3 hergestellt. Sie ermöglichen die Fertigung von HF-Spulen mit hoher Güte, kleinem Aufbau und großem Abgleichbereich. Wegen ihrer Permeabilität und Güte sind sie als Kernmaterial für Variometer im Rundfunkwellenbereich besonders geeignet.

Die Toleranz der wirksamen Permeabilität $\mu_w = \frac{L}{L_0}$ beträgt für alle Typen ± 3 oder ± 5 % in vorgegebener Meßspule. Für die Güte können bei einer festgelegten Frequenz ebenfalls Garantiewerte gegeben werden.

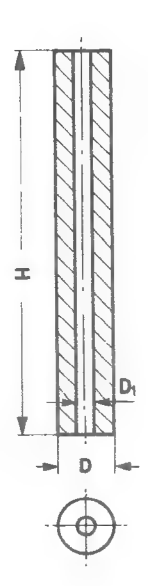
FERROXCUBE-Rohrkerne aus 3B und 4B1 werden in zunehmendem Maße für Dämpfungszwecke verwendet. Sie bewirken - über den Leiter geschoben - infolge des starken Anstiegs der Restverluste mit der Frequenz eine Breitbanddämpfung im Bereich von 10 MHz bis zu einigen 100 MHz (s. auch Dämfpungs-Perlen).

Außer den angegebenen Typen fertigen wir auf Wunsch auch andere Abmessungen aus allen FERROXCUBE-Sorten bei Bestellung entsprechender Stückzahlen.



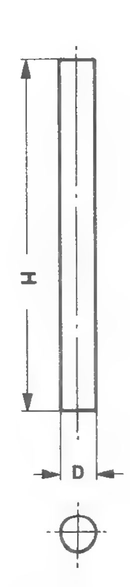
Rohrkerne

D	D_1 mm	H	Typ
4,1 +0,1	2 +0,2	7 ±0,2	VK 212 00
4,1 +0,1	2 +0,2	11 ±0,2	VK 212 20
4,1 +0,1	2 +0,2	15 ±0,2	VK 210 11
4,1 +0,1	2 +0,2	20 ±0,2	VK 210 05
4,1 +0,1	2 +0,2	23 ±0,5	VK 212 09
4,1 +0,1	2 +0,2	25 ±0,5	VK 212 03
4,1 +0,3	2 +0,2	30 ±0,5	VK 210 38
4,1 +0,2	2 +0,2	40 ±0,5	VK 210 04
4,1 +0,2	2 +0,2	50 ±1,0	VK 210 24
6,0 -1,0	1,5 +0,3	30 ±1	VK 211 08
6,0 ±0,1	1,5 ±0,3	38 ±1	VK 211 04
6,0 -0,1	1,3 +0,3	46 ±0,5	VK 211 11



Stiftkerne

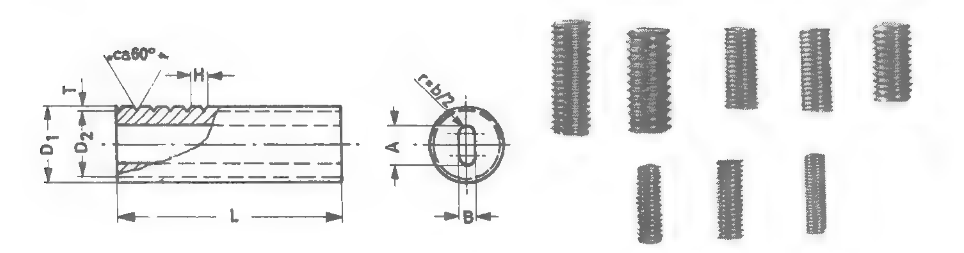
D	H mm	Typ	bevorzugte Anwendung
1,6 +0,05	9 ±0,2	VK 207 05/3D3	in AM-Bandfiltern und Mittelwellenkreisen
1,6 +0,05	12 ±0,2	VK 207 06/3D3	
2,3 -0,05	12 +0,5	VK 207 14/3D3	
2,3 -0,05	18 +0,5	VK 207 41/3D3	
3,5 -0,05	13 +0,5	VK 205 23/3B	
1,55 +0,2	14 ±0,2	VK 205 07/3B	für Kopplungs- und Abschirmzwecke
1,55 +0,2	17 ±0,5	VK 205 27/3B	
1,55 +0,2	20 ±0,2	VK 205 28/3B	
1,55 +0,2	23 +1,0	VK 205 02/3B	
1,55 +0,2	30 ±0,5	VK 205 10/3B	





Schraubkerne aus FXC 3 D 3

mit Führungsgewinde



FXC-Schraubkerne sind für den Güteabgleich in Filtern und abstimmbaren HF-Spulen bestimmt. Ihre Verwendung ergibt eine überdurchschnittliche Einstellgenauigkeit und infolge ihrer hohen Permeabilität einen großen Abgleichbereich. Die Permeabilitätstoleranz beträgt für listenmäßige Schraubkerne ±3 % oder ±5 % der wirksamen Permeabilität.

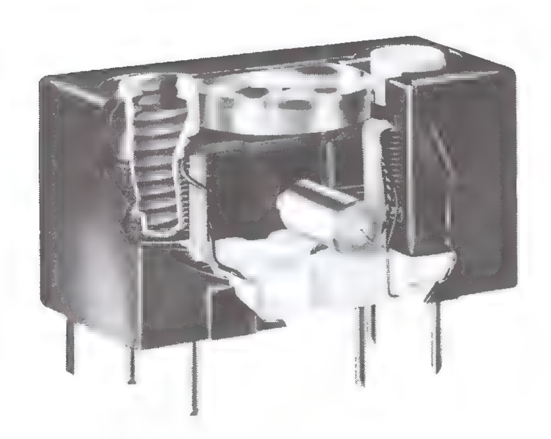
Die Gewindedurchmesser entsprechen DIN 41 286, Ausgabe März 59, Ausführung B. Das Gewinde wird in die gesinterten Kerne eingeschliffen.

Die Abmessungen der Schraubkerne sind für die Verwendung einer Kernbremse (elastische Einlage aus Schaumstoff, Gummi oder Kunststoff-Folie) zwischen Muttergewinde und Schraubkern bemessen.

Passend für Muttergewinde nach DIN 13, 517, 518, 519	Typ	D_1	D_2	L	A	B
		mm				
M4 x 0,5	VK 221 37	3,65 +0,05	<3,25	12 ±0,3	1,5 +0,2	0,6 +0,2
M5 x 0,75	VK 221 38	4,55 +0,05	<3,9	12 ±0,3	2,0 +0,3	0,7 +0,2
M6 x 0,75	VK 221 39	5,55 +0,05	<4,9	13 ±0,3	2,5 +0,3	1,0 +0,2
M6 x 0,75	VK 221 40	5,55 +0,05	<4,9	25 ±0,5	2,5 +0,3	1,0 +0,2
M7 x 1	VK 221 41	6,45 +0,05	<5,55	12 ±0,3	3,0 +0,3	1,2 +0,2
M7 x 1	VK 221 42	6,45 +0,05	<5,55	18 ±0,5	3,0 +0,3	1,2 +0,2
M8 x 0,75	VK 221 43	7,55 +0,05	<6,9	16 ±0,5	3,5 +0,3	1,2 +0,2
M8 x 1,25	VK 221 44	7,35 +0,05	<6,2	16 ±0,5	3,5 +0,3	1,2 +0,2
M8 x 1,25	VK 221 45	7,35 +0,05	<6,2	25 ±0,5	3,5 +0,3	1,2 +0,2

Bei Abnahme großer Stückzahlen können Kerne mit anderen Längen, Außendurchmessern und Steigungen gefertigt werden. Die Außendurchmessertoleranz beträgt in jedem Falle +0,05 mm.





Bei der Entwicklung dieser Bausätze wurde außer auf gute elektrische Eigenschaften besonders auf einfachen Aufbau und damit rationelle Verarbeitung Wert gelegt. Diese Einzelkreise und Bandfilter bestehen aus den gleichen Grundelementen, nämlich:

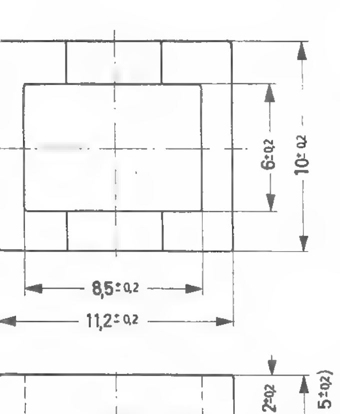
Rahmenkern
Gewindekern
Spulenkörper
Gehäuse

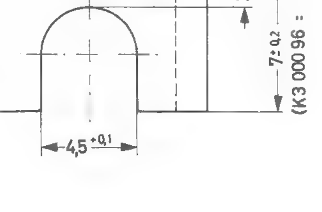
Sie sind für die Verwendung in gedruckten Schaltungen vorgesehen. Die Anschlußstifte sind im Rastermaß angeordnet. Aufgrund der geringen Abmessungen von nur 13 x 13 x 15 mm der Einzelkreise und 13 x 25 x 15 mm der Bandfilter eignen sich diese Bauteile besonders für den Einbau in Transistorgeräte.

Der wesentliche Vorteil der Bandfilter besteht darin, daß die Kopplung eines bereits fertigmontierten Filters durch Verdrehen (Schraubenzieher-einstellung) des Koppelstiftes in bestimmten Grenzen variiert werden kann.



Rahmen- und Gewindekern bestehen je nach Frequenzbereich aus verschiedenen FERROXCUBE-Sorten.

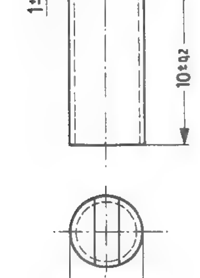




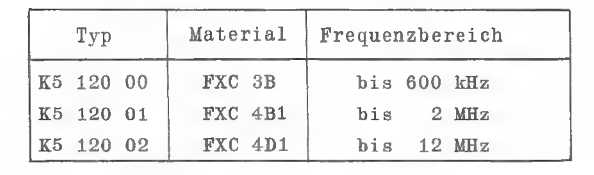
Folgende Typen stehen zur Verfügung:

Rahmenkerne

Typ	Material	Frequenzbereich	Kennfarbe
K3 000 93	FXC 3B	bis 600 kHz	farblos
K3 000 94	FXC 4B1	bis 2 MHz	dunkelgrün
K3 000, 95	FXC 4D1	bis 12 MHz	hellblau
K3 000 96	FXC 4D1	bis 12 MHz	hellblau



Gewindekerne



Typ	Material	Frequenzbereich
K5 120 00	FXC 3B	bis 600 kHz
K5 120 01	FXC 4B1	bis 2 MHz
K5 120 02	FXC 4D1	bis 12 MHz

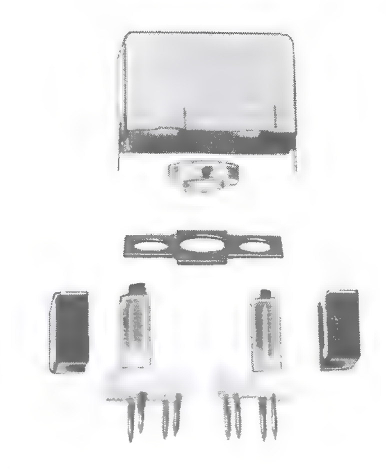
Gewindekerne mit beidseitigen Abgleichstegen

Typ	Material	Frequenzbereich
4322 020 32250	FXC 3B	bis 600 kHz
4322 020 32260	FXC 4D1	bis 12 MHz





Einzelkreis



Bandfilter

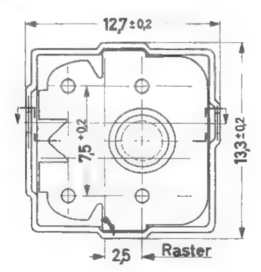
Aus den unter „Zusammenstellung aller Zubehörteile" aufgeführten Teilen lassen sich die nachfolgend beschriebenen Bausätze, entsprechend den jeweiligen Erfordernissen, zusammenstellen.

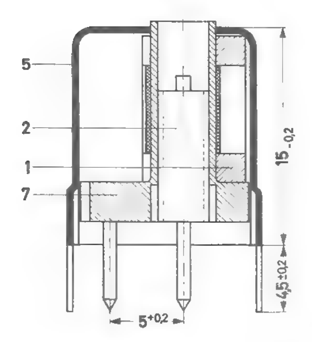
Der Spulenkörper mit Wicklung und Gewindekern steckt in einer Aussparung des Rahmenkernes, der den Spulenkörper umschließt. Der Zusammenbau erfolgt durch einfaches Ineinanderstecken der Einzelteile, die durch die übergeschobene Gehäusekappe zusammengehalten werden (s. obiges Foto). Die Kappe wird durch Umbörteln an zwei bzw. vier Punkten mit dem Spulenkörper verbunden. In dem Gehäuse ist Platz für einen bzw. zwei Kleinkondensatoren von 4 mm Ø x 10 mm. Die FXC-Teile sind auch ohne Zubehör lieferbar.

Zusammenstellung aller Zubehörteile

Teil	Typ	Bezeichnung	Werkstoff
1	s. Rahmenkerne	Rahmenkern	s. Rahmenkerne
2	s. Gewindekerne	Gewindekern	s. Gewindekerne
3	56 680 49	Koppelstift 1,55 Ø x 10 mm	FXC 3B
4	P5 533 69	Halterung für Koppelstift	Kunststoff
5	A3 094 13	Gehäuse für Einzelkreis	Kupfer
6	A3 822 26	Gehäuse für Bandfilter	Kupfer
7	A3 960 43	Spulenkörper 4 Lötstifte	Kunststoff
8	A3 532 07	Abstandsplatte	Hartpapier
9	P5 533 86	Block	Kunststoff







Einzelkreis mit Rahmenkern
und Halterung

Die Gütekurven - Güte Q in Abhängigkeit von der Frequenz bzw. von der Induktivität - für die Einzelkreis-Bausätze sind auf den folgenden Seiten dargestellt. Mit HF-Litze (CuLS bzw. CuL) von 0,03 mm Ø pro Einzelader werden durchweg höhere Gütewerte erreicht als mit HF-Litze von 0,04 mm Ø pro Einzelader. Diesem Vorteil steht allerdings die schwierigere Verarbeitbarkeit der Litze von 0,03 mm Ø pro Einzelader entgegen.

Die Gütemessungen erfolgten bei Gewindekernstellungen, die einen Abgleichbereich der Induktivität von ± 20 % ermöglichen.

Die Induktion im Kern der Spule ist gering, so daß Verzerrungen auch bei den HF-Spannungen im letzten ZF-Kreis vernachlässigbar klein bleiben.

Die Wickelkurven - Induktivität L in Abhängigkeit von der Windungszahl N - sind für Einzelkreise und Bandfilter identisch. Sie sind im Anschluß an die Gütekurven bei den ZF-Bandfiltern angegeben.



Bausatz EZ für Frequenzen bis 600 kHz,
z. B. als AM-ZF-Kreis und LW-Vor- und Oszillatorkreis

Teil	Typ	Bezeichnung	Material	Anzahl
1	K3 000 93	Rahmenkern	FXC 3B	1
2	K5 120 00	Gewindekern	FXC 3B	1
5	A3 094 13	Gehäuse f. Einzelkreis	Kupfer	1
7	A3 960 43	Spulenkörper 4 Lötstifte	Kunststoff	1

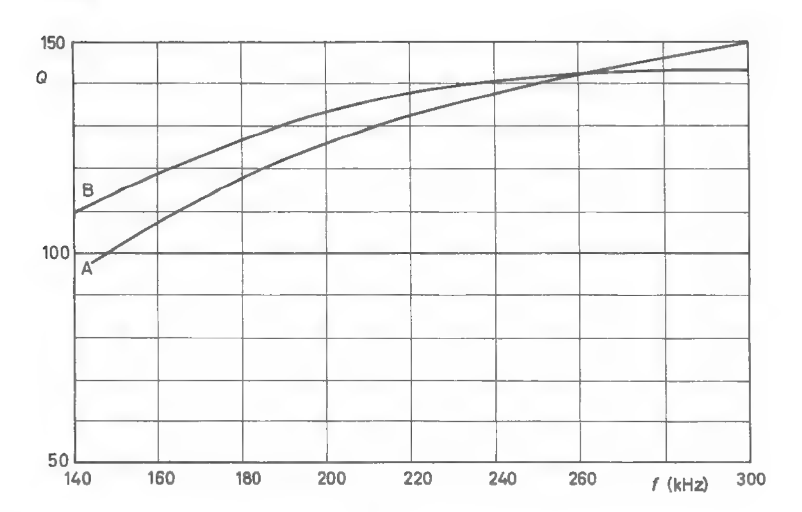
Bausatz EO für Frequenzen bis 2 MHz,
z. B. als MW-Vor- und Oszillatorkreis

Teil	Typ	Bezeichnung	Material	Anzahl
1	K3 000 94	Rahmenkern	FXC 4B1	1
2	K5 120 01	Gewindekern	FXC 4B1	1
5	A3 094 13	Gehäuse f. Einzelkreis	Kupfer	1
7	A3 960 43	Spulenkörper 4 Lötstifte	Kunststoff	1

Bausatz EU für Frequenzen bis 12 MHz,
z. B. als FM-ZF-Kreis und KW-Vor- und Oszillatorkreis

Teil	Typ	Bezeichnung	Material	Anzahl
1	K3 000 95	Rahmenkern	FXC 4D1	1
2	K5 120 02	Gewindekern	FXC 4D1	1
5	A3 094 13	Gehäuse f. Einzelkreis	Kupfer	1
7	A3 960 43	Spulenkörper 4 Lötstifte	Kunststoff	1

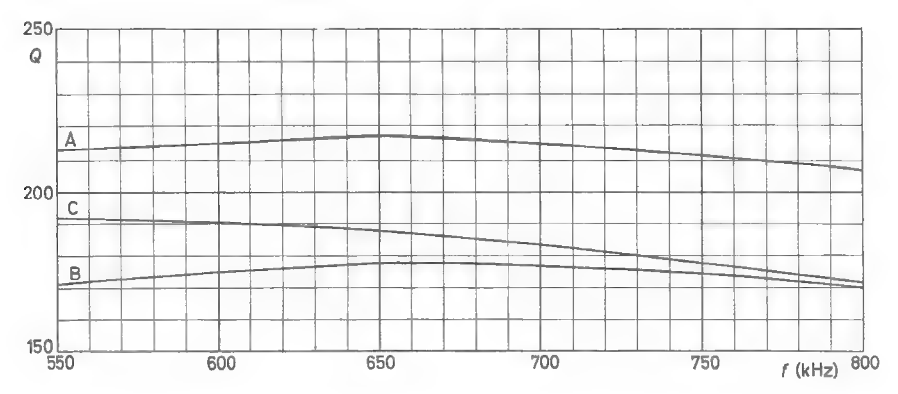




Einzelkreis für LW-Vorkreis

Rahmen- und Gewindekern aus FXC 3B

Kreuz-Wicklung	A :	L = 4,44 mH,	450 Wdgn.	5 x 0,03 CuLS
	B :	L = 5,24 mH,	500 Wdgn.	5 x 0,04 CuL

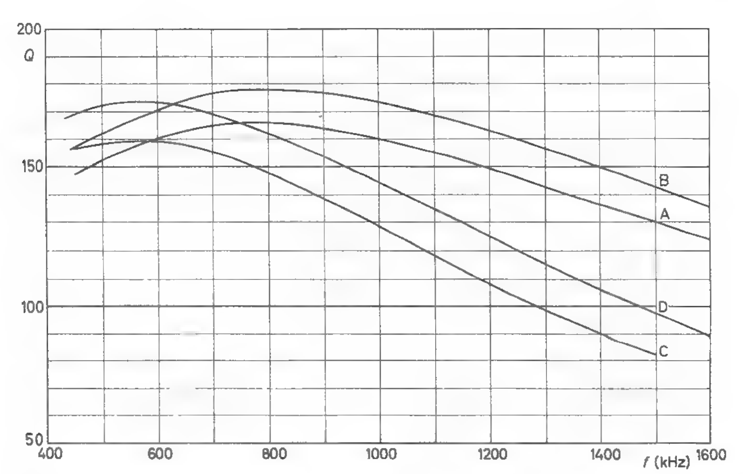


Einzelkreis für LW-Oszillatorkreis

Rahmen- und Gewindekern aus FXC 3B

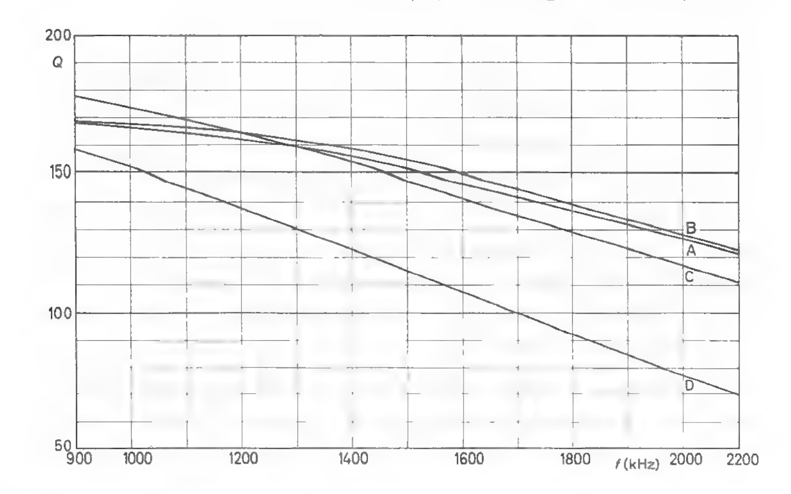
Kreuz-Wicklung	A :	L = 321 μH,	120 Wdgn.	24 x 0,03 CuLS
	B :	L = 652 μH,	170 Wdgn.	10 x 0,03 CuLS
	C :	L = 490 μH,	150 Wdgn.	12 x 0,04 CuLS





Einzelkreis für MW-Vorkreis; Rahmen- und Gewindekern aus FXC 4B1

Kreuz-Wicklung				
	A :	L = 252 µH,	110 Wdgn.	12 x 0,04 CuLS
	B :	L = 264 µH,	110 Wdgn.	24 x 0,03 CuLS
	C :	L = 480 µH,	150 Wdgn.	12 x 0,04 CuLS
	D :	L = 560 µH,	160 Wdgn.	24 x 0,03 CuLS



Einzelkreis für MW-Oszillatorkreis; Rahmen- und Gewindekern aus FXC 4B

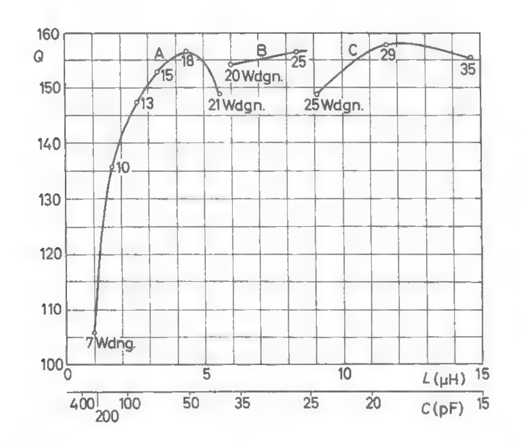
Kreuz-Wicklung				
	A :	L = 142 µH,	80 Wdgn.	16 x 0,04 CuLS
	B :	L = 143 µH,	80 Wdgn.	24 x 0,03 CuLS
	C :	L = 222 µH,	100 Wdgn.	24 x 0,03 CuLS
	D :	L = 358 µH,	130 Wdgn.	12 x 0,04 CuLS



Einzelkreis für KW- Vor- und Oszillatorkreis
Rahmen- und Gewindekern aus FXC 4D 1

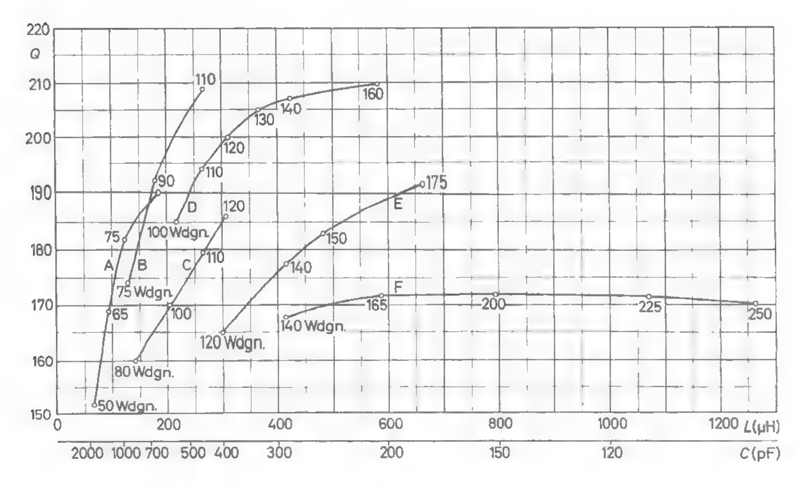
Enge Einlagenwicklung	A :	L = 3,55 μH,	15 Wdgn.	8 x 0,04 CuLS
	B :	L = 3,56 μH,	15 Wdgn.	0,12 CuLS
	C :	L = 4,40 μH,	18 Wdgn.	24 x 0,03 CuLS
	D :	L = 8,56 μH,	25 Wdgn.	10 x 0,03 CuLS
	E :	L = 9,60 μH,	25 Wdgn.	0,08 CuL





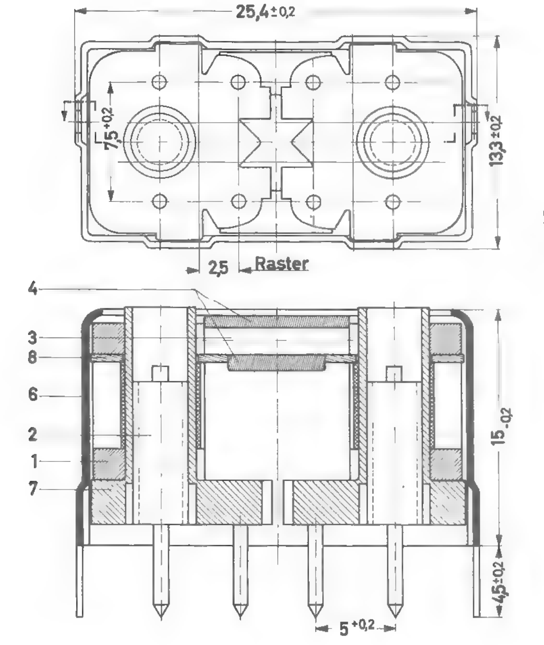
FM-Einzelkreis für 10,7 MHz; Rahmen- und Gewindekern aus FXC 4D1

Enge Einlagenwicklung A : 24 x 0,03 CuLS
B : 10 x 0,03 CuLS
C : 5 x 0,03 CuLS



AM-Einzelkreis für 460 kHz; Rahmen- und Gewindekern aus FXC 3B

Kreuz-Wicklung				
	A :	24 x 0,04 CuLS	D :	24 x 0,03 CuLS
	B :	36 x 0,03 CuLS	E :	18 x 0,04 CuLS
	C :	16 x 0,04 CuLS	F :	8 x 0,04 CuL



ZF-Bandfilter mit Halterung und einstellbarer Kopplung

Die Gütekurven von Bandfiltern für die Zwischenfrequenzen befinden sich auf der übernächsten Seite.

Für die ZF-Kreise wird die Güte in Abhängigkeit von der Induktivität L aufgetragen. Die zugehörige Kreiskapazität ist gleichfalls aufgetragen. Die in jeder Kurve angegebenen größten Windungszahlen stellen das Maximum an Windungszahlen für die betreffende Litze bei dem verfügbaren Wickelraum dar. So können auf einem Spulenkörper bei dem AM-Bandfilter z.B. höchstens 175 Windungen 12 x 0,04 CuLS untergebracht werden.

Für weitere Anwendungsfälle sind Rahmen- und Gewindekerne aus anderen FERROXCUBE-Sorten auf Anfrage lieferbar.



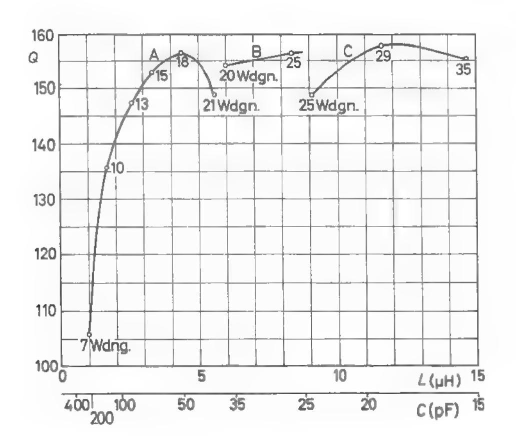
Bausatz BZ für Frequenzen bis 600 kHz, z.B. in AM-ZF-Kreisen

Teil	Typ	Bezeichnung	Material	Anzahl
1	K3 000 93	Rahmenkern	FXC 3B	2
2	K5 120 00	Gewindekern	FXC 3B	2
3	56 680 49	Koppelstift	FXC 3B	1
4	P5 533 69	Halterung f. Koppelstift	Kunststoff	1
6	A3 822 26	Gehäuse f. Bandfilter	Kupfer	1
7	A3 960 43	Spulenkörper 4 Lötstifte	Kunststoff	2
8	A3 532 07	Abstandsplatte	Hartpapier	1

Bausatz BU für Frequenzen bis 12 MHz, z.B. in FM-ZF-Kreisen

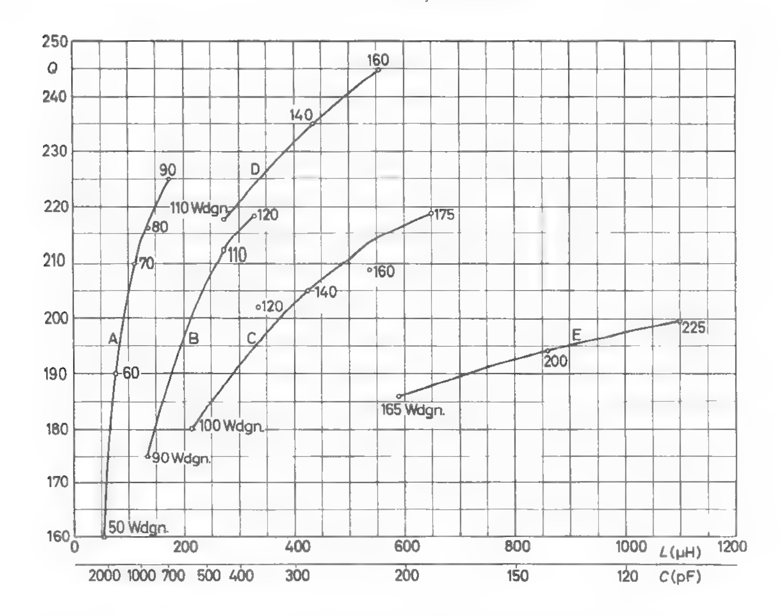
Teil	Typ	Bezeichnung	Material	Anzahl
1	K3 000 95	Rahmenkern	FXC 4D1	2
2	K5 120 02	Gewindekern	FXC 4D1	2
3	56 680 49	Koppelstift	FXC 3B	1
4	P5 533 69	Halterung f. Koppelstift	Kunststoff	1
6	A3 822 26	Gehäuse f. Bandfilter	Kupfer	1
7	A3 960 43	Spulenkörper 4 Lötstifte	Kunststoff	2
8	A3 532 07	Abstandsplatte	Hartpapier	1





FM-ZF-Bandfilter für 10,7 MHz; Rahmen- und Gewindekern aus FXC 4D1

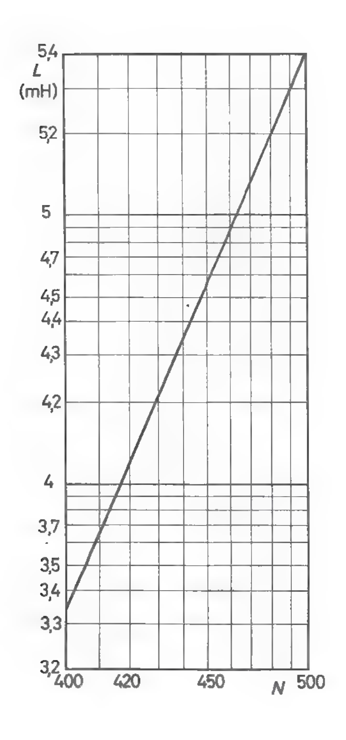
Enge Einlagenwicklung	A : 24 x 0,03 CuLS	C : 5 x 0,03 CuLS
	B : 10 x 0,03 CuLS	

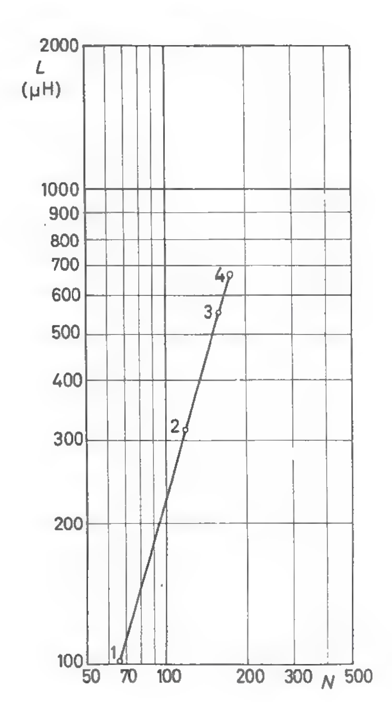


AM-Bandfilter für 460 kHz; Rahmen- und Gewindekern aus FXC 3B

Kreuz-Wicklung	A : 24 x 0,04 CuLS	D : 24 x 0,03 CuLS
	B : 16 x 0,04 CuLS	E : 8 x 0,04 CuLS
	C : 12 x 0,04 CuLS	







Einzelkreis für LW-Vorkreis

Wickelkurve für Kreuz-Wicklung

5 x 0,04 CuLS
und 4 x 0,04 CuLS

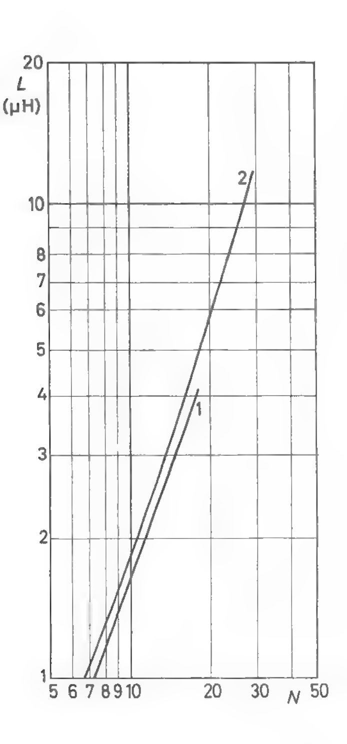
MW-Vor- und Oszillatorkreis und LW-Oszillatorkreis

Wickelkurve für Kreuz-Wicklung

1 - 2: 16 x 0,04 CuLS
1 - 3: 24 x 0,03 CuLS
1 - 4: 12 x 0,04 CuLS



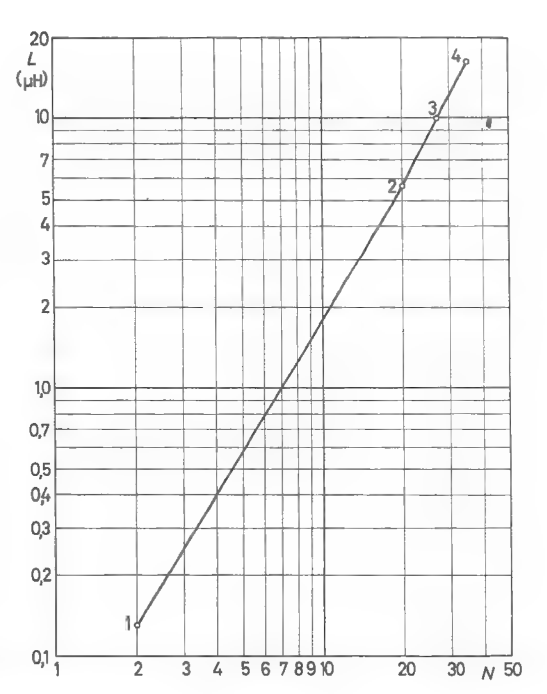




Einzelkreis für KW-Vor- und Oszillatorkreis

Wickelkurven f. Einlagenwicklung

Kurve 1: 24 x 0,04 CuLS
Kurve 2: 5 x 0,04 CuLS



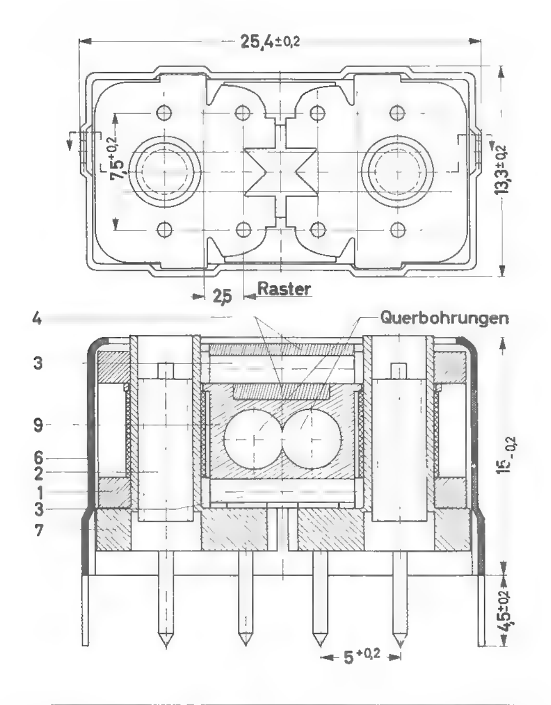
FM-Einzelkreis und FM-ZF-Bandfilter
f = 10,7 MHz

Wickelkurve f. Einlagenwicklung

1 – 2: 24 x 0,03 CuLS
2 – 3: 10 x 0,03 CuLS
3 – 4: 5 x 0,03 CuLS



Außer den vorgenannten Bausätzen ist ein Ratio-Filter-Bausatz lieferbar. Die bei diesem Filter erforderliche höhere Kopplung wird durch Verwendung von zwei Koppelstiften erreicht. Der zweite Koppelstift wird in die unten befindliche Längsnut des Blockes (P5 533 86) eingeklebt, er ist also nicht einstellbar. Zwei Querbohrungen dienen zur Aufnahme der Parallelkapazitäten (s. Maßbild).



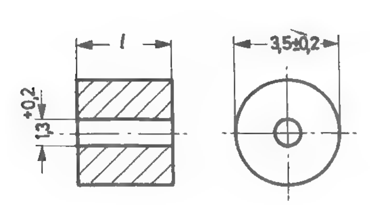
Ratio-Filter mit Halterung und einstellbarer Kopplung

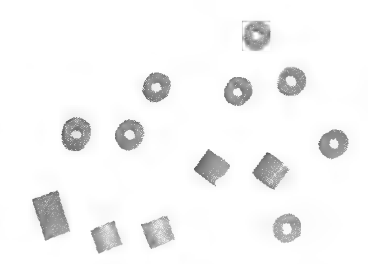
Bausatz RF

für Frequenzen bis 12 MHz, z.B. als Ratio-Detektor

Teil	Typ	Bezeichnung	Material	Anzahl
1	K3 000 96	Rahmenkern	FXC 4D1	2
2	K5 120 02	Gewindekern	FXC 4D1	2
3	56 680 49	Koppelstift	FXC 3B	2
4	P5 533 69	Halterung f. Koppelstift	Kunststoff	1
6	A3 822 26	Gehäuse f. Bandfilter	Kupfer	1
7	A3 960 43	Spulenkörper 4 Lötstifte	Kunststoff	2
9	P5 533 86	Block	Kunststoff	1



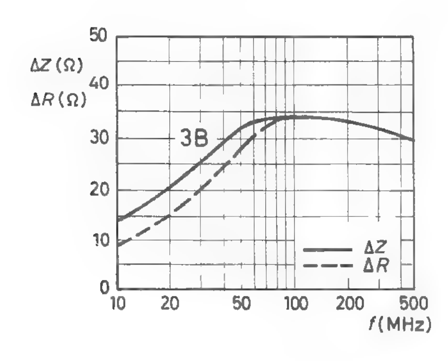




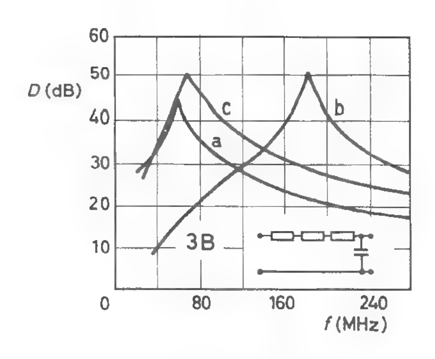
FERROXCUBE-Dämpfungsperlen sind geeignet für den Frequenzbereich von Kurzwellen bis über den Fernsehbereich hinaus.

Die Perlen werden über den Leiter geschoben; der Dämpfungsanstieg wächst linear mit der Anzahl der Perlen.

Typ	Länge l (mm)	Material
VK 210 28	3	FERROXCUBE 3B
VK 210 29	5	FERROXCUBE 3B



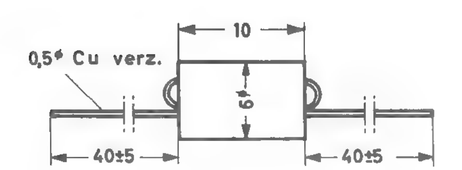
Schein- und Wirkwiderstandserhöhung, Perle VK 210 28 über einem Leiter.

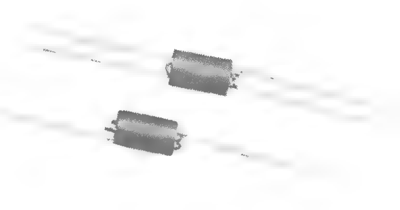


Dämpfungsverlauf bei 3 FXC-Perlen VK 210 28 und zusätzlichem keramischen Kondensator.

a. C = 1500 pF Rohrkondensator
b. C = 190 pF Rohrkondensator
c. C = 1500 pF Scheibenkondens.





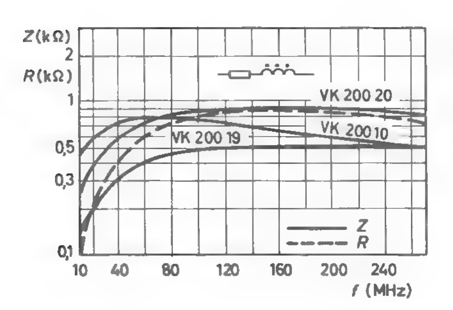


Breitband-Drosselspulen werden aus FERROXCUBE 3 bzw. FERROXCUBE 4 hergestellt und sind mit sechs axialen Löchern versehen, durch die 1,5; 2,5 oder 2x 1,5 Windungen aus verzinntem Kupferdraht gezogen sind.

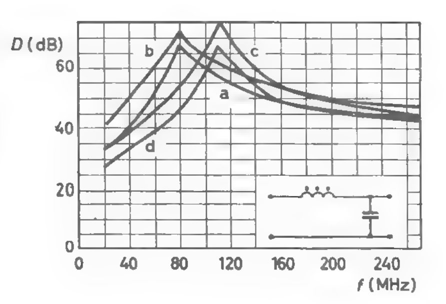
Sie finden Verwendung zur Störstrahlungsverminderung von UKW-Rundfunk- und Fernsehempfängern, Motoren, Zerhackern, Zündanlagen u.ä., sowie zur Vermeidung von unerwünschten Kopplungen in UKW-Schaltungen.

Typ	Material	Windungszahl	Z_{max} ±20 %	$f_{Z\ max}$	Scheinwiderstandsabfall	
			kΩ	MHz	MHz	dB
VK 200 09	FXC 3B	1,5	0,35	~120	10...300	≤7
VK 200 19	FXC 4B1	1,5	0,45	~250	80...300	≤3
VK 200 10	FXC 3B	2,5	0,75	50	10...220 30...100	≤7 ≤3
VK 200 20	FXC 4B1	2,5	0,85	180	50...300 80...220	≤6 ≤3
VK 200 11	FXC 3B	2x 1,5	0,9	50	10...220 30...100	≤7 ≤3
VK 200 21	FXC 4B1	2x 1,5	1	110	50...300 80...220	≤7 ≤3





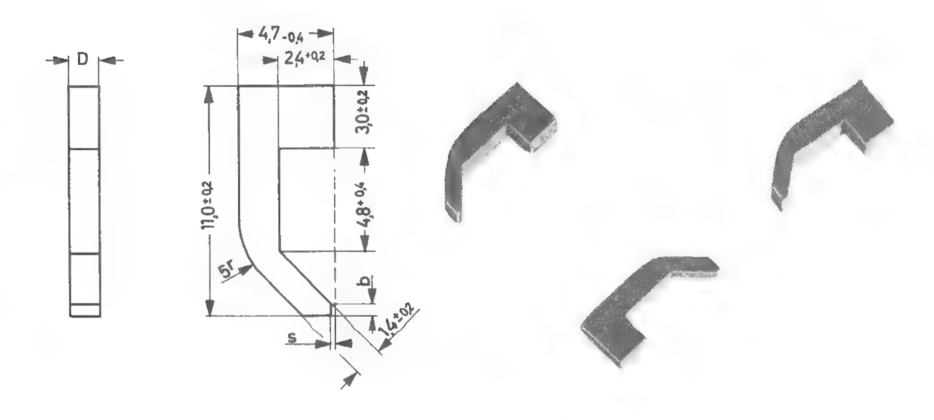
Schein- und Wirkwiderstandsverlauf von FXC-Breitband-Drosselspulen



Dämpfungsverlauf bei einer FXC-Breitband-Drosselspule und zusätzlichem keramischen Scheibenkondensator

a. VK 200 19, C = 1500 pF
b. VK 200 20, C = 1500 pF
c. VK 200 20, C = 550 pF
d. VK 200 19, C = 550 pF





FERROXCUBE-Magnettonkerne werden für Löschköpfe in Tonbandgeräten und für Trommelspeicher in elektronischen Rechenmaschinen verwendet.
Sie zeichnen sich besonders durch hohe Abriebfestigkeit und geringe Kernverluste aus.
Magnettonkerne werden aus FERROXCUBE 3C1 hergestellt. Die Eigenschaften von 3C1 entsprechen den unter „Allgemeines" angegebenen Daten für 3C2.

Typ	D	s	b
K5 500 15	1,3 ±0,1	0 +0,2	0,5 ±0,1
56 907 27	1,5 ±0,2	0	0,5 ±0,1
56 907 97	3,3 +0,2 -0,1	0	0,55 ±0,1
56 907 73	7 ±0,2	0	0,5 ±0,1

Bei Abnahme großer Stückzahlen sind auch Kerne mit anderen Abmessungen lieferbar. Magnettonkerne aus FXC 8 sowie glasverklebte Magnettonköpfe, bestehend aus je zwei Magnettonkernen, mit Luftspalten von 2 bis 100 μ auf Anfrage.





U-Kerne
für Zeilentransformatoren



Ferroxcube-U-Kerne eignen sich für Leistungstransformatoren bis zu einigen hundert kHz sowie für Impulstransformatoren. Infolge geringer Wirbelstromverluste wird die zulässige Maximal-Induktion nur durch die Sättigung bzw. die Hystereseverluste bestimmt.

Nuten an den Außenseiten der Schenkel ermöglichen die Montage des Kernpaares mit Schrauben oder Spanndrähten, die innerhalb des Spulenkörpers durchgeführt werden, wo sie im Hinblick auf die Hochspannung am wenigsten stören.

Die Ferroxcubesorten 3C4 und 3C6 wurden speziell für U-Kerne in Zeilentransformatoren von Fernsehgeräten entwickelt.

Ferroxcube 3C4 hat neben ausreichender Sättigung bei 85 °C einen Temperaturgang der Verluste, der schwach positiv sein kann, oft aber bei Null liegt.
Ferroxcube 3C5 wird nicht mehr gefertigt und ist durch Ferroxcube 3C6 ersetzt worden. Einige Meßdaten von Ferroxcube 3C5 sind zu Vergleichszwecken noch in Tabellen und graphischen Darstellungen enthalten.
Ferroxcube 3C6 zeichnet sich gegenüber 3C5 durch höhere Sättigung, um ca. 20 % niedrigere Kernverluste und günstigeres Temperaturverhalten aus. Dadurch eignen sich U-Kerne aus 3C6 auch für transistorisierte Fernsehgeräte mit niedrigeren Gerätetemperaturen.



Für die hier angegebenen U-Kerne empfehlen wir bei der Dimensionierung von Zeilentransformatoren die folgenden Maximalwerte der Induktion einzusetzen:

FXC-Sorte	ΔB (10^{-8} Vs/cm^2)	$B_{-} + \frac{\Delta B}{2}$ (10^{-8} Vs/cm^2)
3C4	$\leqq 2400$	$\leqq 2200$
(3C5	$\leqq 2800$	$\leqq 2500$)
3C6	$\leqq 3000$	$\leqq 2600$

Hierin ist ΔB die Wechselinduktion (Scheitel-Scheitel) und B_{-} die durch Gleichstromdurchflutung erzeugte Vormagnetisierung.

Die Werte gelten für das Fernsehsystem mit 625 Zeilen.

Die Prüfung der U-Kerne auf magnetische Eigenschaften erfolgt bei uns nach 2 verschiedenen Methoden. Bei 3C4 (3C5) wird neben den Verlusten die Wechselfeldpermeabilität bei vorgegebener Induktion und f = 16 kHz gemessen. Hier gelten folgende Garantiewerte:

Temperatur	Induktion $\hat{B}$ (10^{-8} Vs/cm^2)	Wechselfeld-Permeabilität $\mu_{\sim}$ 3C4	3C5	Verluste (mW/cm^3) 3C4	3C5
25°	1000	$\geqq 2000$		–	
85° (für 3C4)	2000	$\geqq 1500$		$\leqq 230$	
(100° (für 3C5)			$\geqq 3000$		$\leqq 170$)

Hierin ist $\hat{B}$ der Scheitelwert der Induktion ($= \frac{1}{2} \Delta B$).

U-Kerne aus 3C6 werden neben der Verlustmessung auf Minimalinduktion bei gegebener Koerzitivfeldstärke geprüft. Laboruntersuchungen haben ergeben, daß diese Methode dem Verhalten im Zeilentrafo besser entspricht, wenn



man die Meßfeldstärke mit $\hat{H}$ = 2,5 A/cm einsetzt. Außerdem ergibt diese Messung auch noch bei 50 Hz brauchbare Resultate. Für 3C6 gelten folgende Garantiewerte (bei 16 kHz):

FXC-Sorte	Temperatur	Induktion $\hat{B}$ (10^{-8} Vs/cm^2) bei $\hat{H}$ = 2,5 A/cm	Verluste (mW/cm^3) bei $\hat{B}$ = 2000 (10^{-8} Vs/cm^2)
3C6	25 °C	–	≦170
	100 °C	≧2900	≦140

Hierin ist $\hat{H}$ der Scheitelwert der magnetischen Feldstärke ($= \frac{1}{2}\,\Delta H$).

Alle angegebenen Garantiewerte gelten für U-Kerne die - abweichend von den Serienlieferungen - an den Trennflächen mit einem Feinschliff versehen sind.

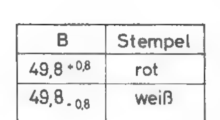
Die Schenkel der U-Kerne können sich beim Sintern geringfügig nach innen oder nach außen verziehen. Dadurch ergeben sich für das Maß des Schenkelabstandes (gemessen von Nut zu Nut) Verschiebungen in die Plus- oder Minustoleranz. Diese Toleranzgruppen werden in der Weise gekennzeichnet, daß bei den in der Plustoleranz liegenden Kernen der Stempel in roter und bei den in der Minustoleranz liegenden Kernen in weißer Farbe angebracht ist.

Wir behalten uns vor, Bestellungen nach unseren Möglichkeiten mit diesen beiden Gruppen auszuführen. In einer Verpackungseinheit befinden sich jedoch stets nur Kerne einer Stempelfarbe.

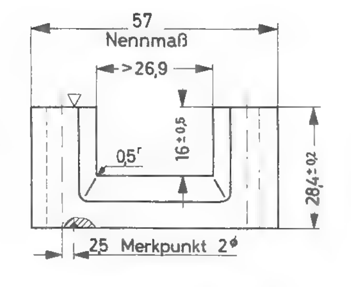
Die jetzt lieferbaren U-Kerne haben die folgenden Typ-Nummern:

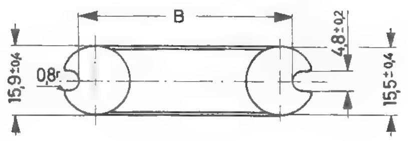
	3C4	3C6	Bemerkungen
U 57	VK 235 40	VK 235 60	entspr. DIN 41 296, Bl. 2
U 64	VK 235 44	VK 235 64	entspr. DIN 41 296, Bl. 1
U 70	–	VK 235 66	entspr. DIN 41 296, Bl. 1
U 52	–	VK 235 86	
UI 58	–	(VK 235 61 (VK 253 01	U-Kern I-Kern





B	Stempel
49,8 +0,8	rot
49,8 -0,8	weiß





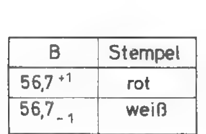
Typ	Material
VK 235 40	FXC 3C4
VK 235 60	FXC 3C6

Typ U 57, DIN 41 296, Blatt 2

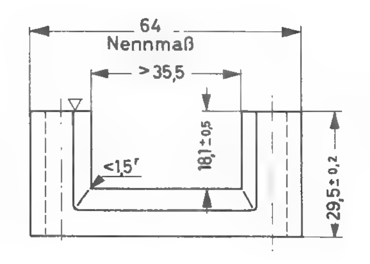
Magnetische Daten

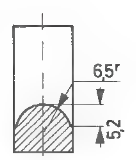
Mittl. Kernlänge	l_e	16,3	cm
Mittl. Kernquerschnitt	A_e	1,71	cm^2
Kernvolumen	V_e	27,6	cm^3
Gewicht		70	g

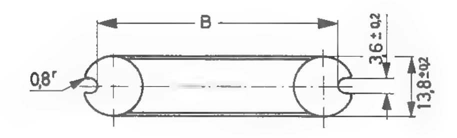




B	Stempel
$56,7^{+1}$	rot
$56,7_{-1}$	weiß







Typ	Material
VK 235 44	FXC 3C4
VK 235 64	FXC 3C6

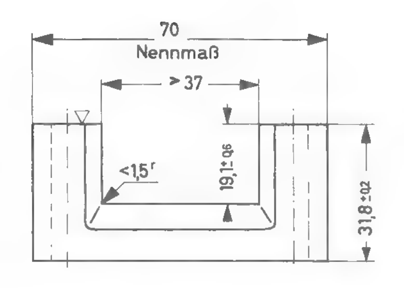
Typ U 64, DIN 41 296, Blatt 1

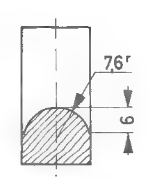
Magnetische Daten

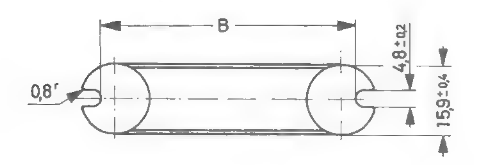
Mittl. Kernlänge	l_e	18,5	cm
Mittl. Kernquerschnitt	A_e	1,38	cm^2
Kernvolumen	V_e	25,3	cm^3
Gewicht		65	g



B	Stempel
$60{,}3^{+1}$	rot
$60{,}3_{-1}$	weiß







Typ	Material
VK 235 66	FXC 3C6

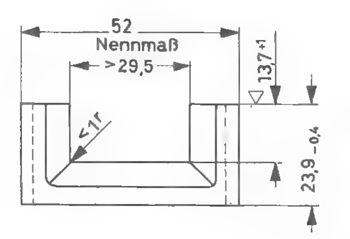
Typ U 70, DIN 41 296, Blatt 1

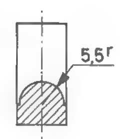
Magnetische Daten

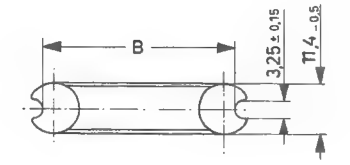
Mittl. Kernlänge	l_e	19,7	cm
Mittl. Kernquerschnitt	A_e	1,77	cm^2
Kernvolumen	V_e	34,5	cm^3
Gewicht		87	g



B	Stempel
$46{,}1^{+0{,}8}$	rot
$46{,}1_{-0{,}8}$	weiß







Typ	Material
VK 235 86	FXC 3C6

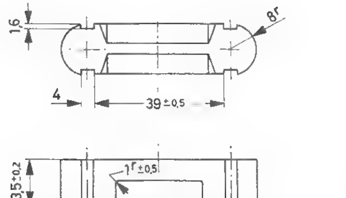
Typ U 52

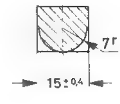
Magnetische Daten

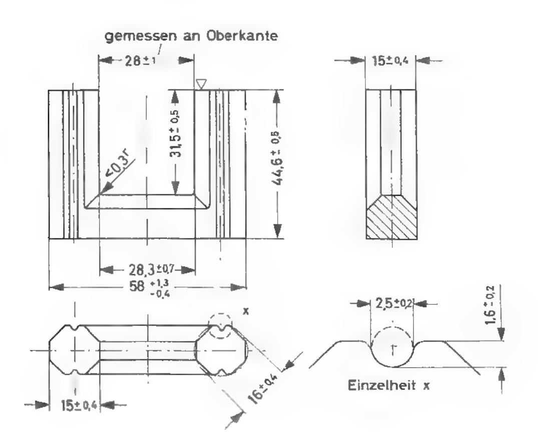
Mittl. Kernlänge	l_e	14,5	cm
Mittl. Kernquerschnitt	A_e	0,93	cm^2
Kernvolumen	V_e	13,8	cm^3
Gewicht		53	g

UI-Kerne
mit achteckigem Querschnitt









Typ	Material
VK 235 61 (U-Kern)	FXC 3C6
VK 253 01 (I-Kern)	FXC 3C6

Typ UI 58

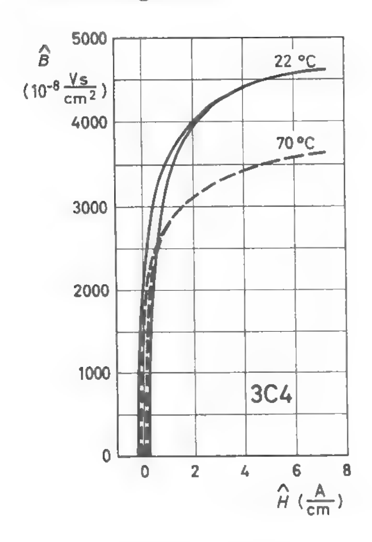
Magnetische Daten

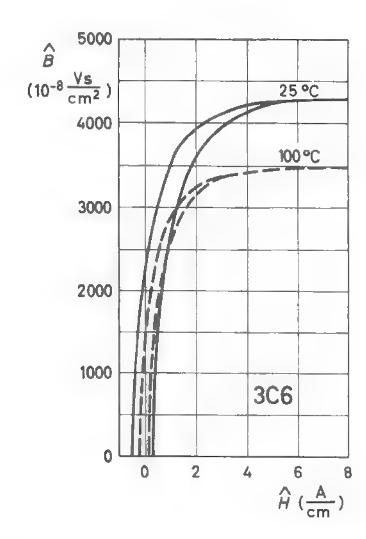
Mittl. Kernlänge	l_e	16,4	cm
Mittl. Kernquerschnitt	A_e	1,75	cm^2
Kernvolumen	V_e	28,8	cm^3
Gewicht	U-Kern	93	g
	I-Kern	53	g

Die angegebenen magnetischen Daten gelten für den zusammengesetzten UI-Kern. U- und I-Kern sind getrennt verpackt. Sie können beliebig zusammengesetzt werden.

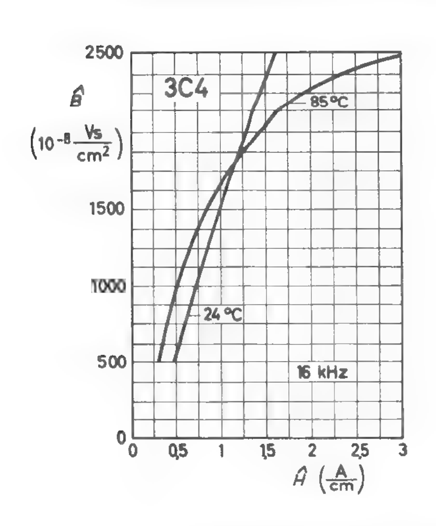


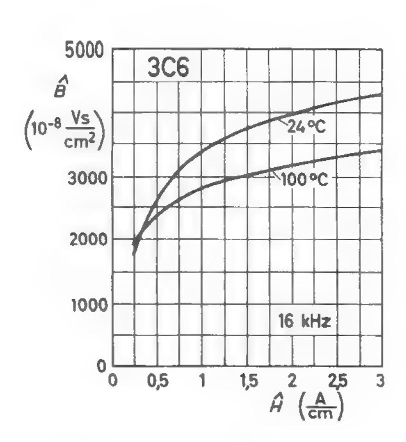
Nachstehend sind die magnetischen Eigenschaften der 2 genannten Ferroxcube-sorten aufgeführt.





Hystereseschleifen statisch gemessen am U-Kern-Paar U 57





$\hat{B}$ als Funktion von $\hat{H}$ gemessen am U-Kern-Paar U 57



$\mu_\sim$ bei Betrieb ohne Vormagnetisierung

gemessen am U-Kern-Paar U 57

$\mu_\sim$

5000
4000
3000
2000
1000
0

0 500 1000 1500 2500

$\hat{B}$ $\left(10^{-8} \frac{Vs}{cm^2}\right)$

100 °C
85 °C
24 °C

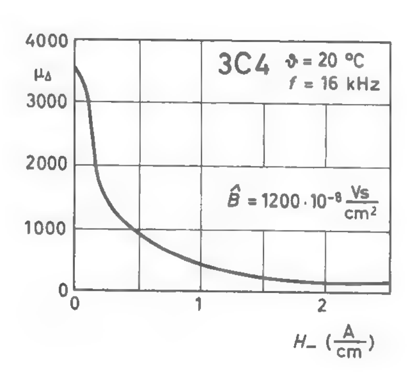
3C4
3C5
3C6
16 kHz



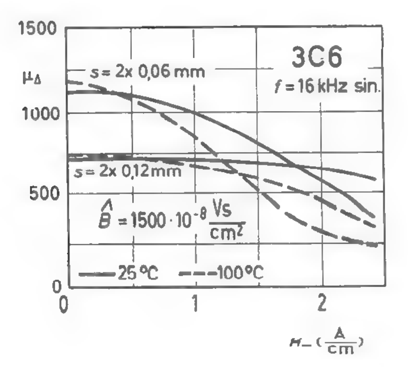


μ_Δ bei Betrieb mit Vormagnetisierung +)

gemessen am U-Kern-Paar U 57
ohne Luftspalt



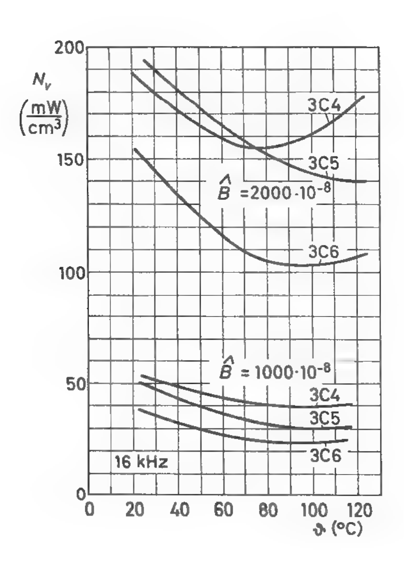
gemessen am U-Kern-Paar U 64
bei zwei verschiedenen Luftspalten s



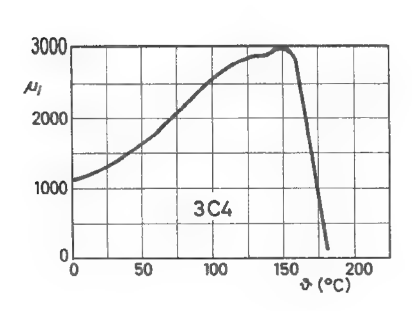
+) Die Permeabilität ist hier definiert durch die Steigung der Geraden, welche die Spitzen der Hystereseschleife verbindet. Diese Gerade läuft nicht durch den Koordinatenanfangspunkt. Die Aussteuerung ist sinusförmig.

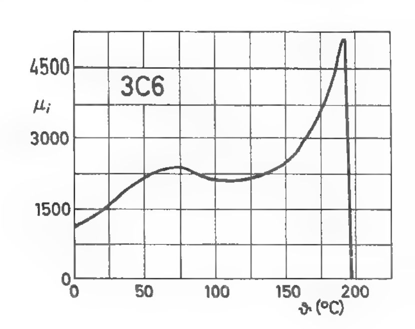


Verlustleistung in Abhängigkeit
von der Kerntemperatur
gemessen am Kern U 57



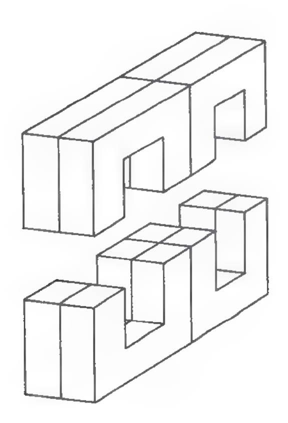
Temperaturabhängigkeit der Anfangspermeabilität, Curie-Temperatur





Die Temperaturabhängigkeit der Permeabilität verläuft im allgemeinen bei höheren Aussteuerungen anders als bei kleinen. Die hier dargestellten Kurven der Anfangspermeabilität lassen daher keine Rückschlüsse zu auf das Verhalten der U-Kerne in Zeilentransformatoren.





M-Transformatorkern, aufgebaut aus 8 U-Kernen mit rechteckigem Querschnitt.

Infolge der geringen Verluste in Ferroxcubematerialien lassen sich Hochleistungstransformatoren für den oberen Tonfrequenz- und Ultraschallbereich in vielen Fällen erheblich kleiner auslegen als mit Blechkernen.

U-Kerne mit rechteckigem Querschnitt werden nur aus der bei jedem Typ angegebenen Ferroxcubesorte hergestellt.

Ferroxcube-U-Kerne mit rechteckigem Querschnitt bieten die Möglichkeit, durch Zusammenbau mehrerer Kerne gleicher Abmessungen, größere Transformatorkerne nach dem Baukastenprinzip aufzubauen.

Außer dem im obigen Bild gezeigten M-Kern können auch UI, EI oder andere Ausführungen zusammengesetzt werden.

Bei hoher Belastung der U-Kerne empfiehlt es sich, zwischen den Aufbaukernen parallel zum magnetischen Fluß einen Luftspalt zur besseren Wärmeabfuhr anzuordnen.

U-Kerne
mit rechteckigem Querschnitt



Typenübersicht

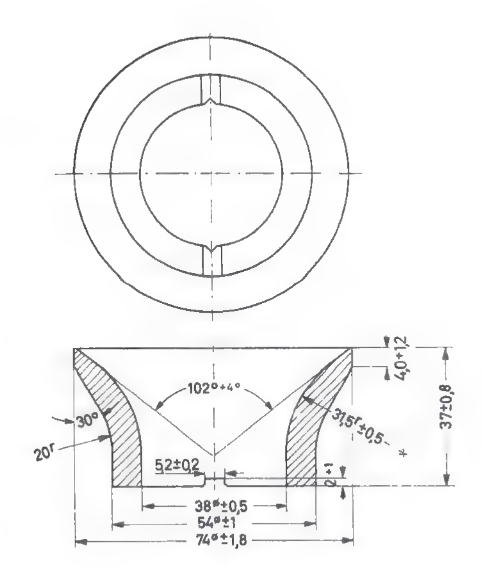
Typ	Maße
Typ U 100/57/25 Ferroxcube 3C6	>47; 25,4 ±0,8; 31,7 ±0,75; 57,1 ±0,4; 101,6 ±2; 25,4 ±0,8
Typ U 93/76/30 Ferroxcube 3C6 a = 30 ±0,6 Typ U 93/76/16 Ferroxcube 3C6 a = 16 ±0,5	36,2 +1,6; 28; 48 ±0,9; 76 ±0,5; 93 ±1,8; a
Typ U 93/52/30 Ferroxcube 3C6	36,2 +1,6; 28; 24 ±0,45; 52 ±0,5; 93 ±1,8; 30 ±0,6
Typ I 93/27/30 Ferroxcube 3C6	27,5 ±0,5; 93 ±1,8; 30 ±0,6
Typ I 93/27/16 Ferroxcube 3C6	27,5 ±0,5; 93 ±1,8; 16 ±0,5

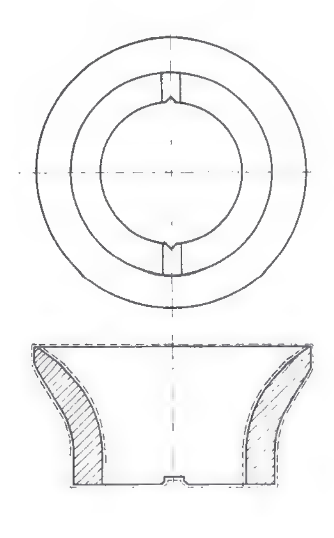


Typ	Maße
Typ K5 450 80 Ferroxcube 3C4	12,7±0,4; > 29,5; 14,3±0,3; 27±0,15; 60,3±1; 14,3±0,3
Typ K5 451 00 Ferroxcube 3C4	> 29; 14,3±0,3; 19±0,4; 33,3±0,15; 60,3±1; 14,3±0,3
Typ VK 235 14 Ferroxcube 3C6	72±1; 14,1±0,3; 19±0,4; 33,1±0,15; 67,3±0,7; 14,1±0,3

Typ	Mittl. magn. Weglänge l_e (cm)	Mittl. magn. Querschnitt A_e (cm^2)	magn. Werkst. Volumen V_e (cm^3)
2x U 100/57/25	31	6,5	210
2x U 93/76/30	35,5	8,2	290
2x U 93/76/16	35,5	4,4	155
2x U 93/52/30	25,8	8,2	215
U 93/76/30 + I 93/27/30	25,8	8,2	215
U 93/76/16 + I 93/27/16	25,8	4,4	114
U 93/52/30 + I 93/27/30	21,0	8,2	172
2x K5 450 80	16,0	2,0	34
2x K5 451 00	18,5	2,0	39
2x VK 235 14	18,6	2,0	42







Typ K5 280 70

In der Toleranz von ±1,8 mm für den Kelchaußendurchmesser ist die zulässige Rundheitstoleranz enthalten.

Typ 4322 020 31500

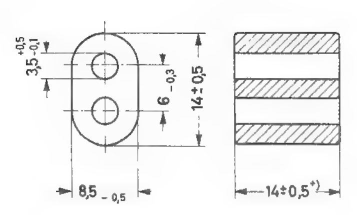
Abmessungen wie Typ K5 280 70, Kanten jedoch gerundet und Ring durch Lacküberzug isoliert.

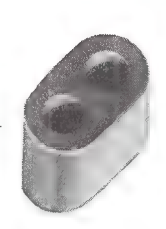
Ferroxcube-Jochringe werden in Ablenkeinheiten für Fernsehbildröhren für den magnetischen Schluß der Horizontal- und Vertikalablenkspulen verwendet. Die Herstellung erfolgt ausschließlich aus Werkstoff FXC.3C2.

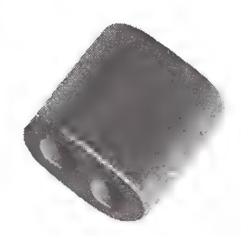
Es sind zwei Standardtypen nach DIN 41 297, Blatt 2 für 110°-Ablenkung lieferbar.

Jochringe werden an den diametral gegenüberliegenden Einkerbungen ohne Materialverlust gesprengt. Die Hälften werden paarweise verpackt geliefert.

Andere Ausführungen von Jochringen für 90°- und 110°-Ablenkung auf Anfrage.





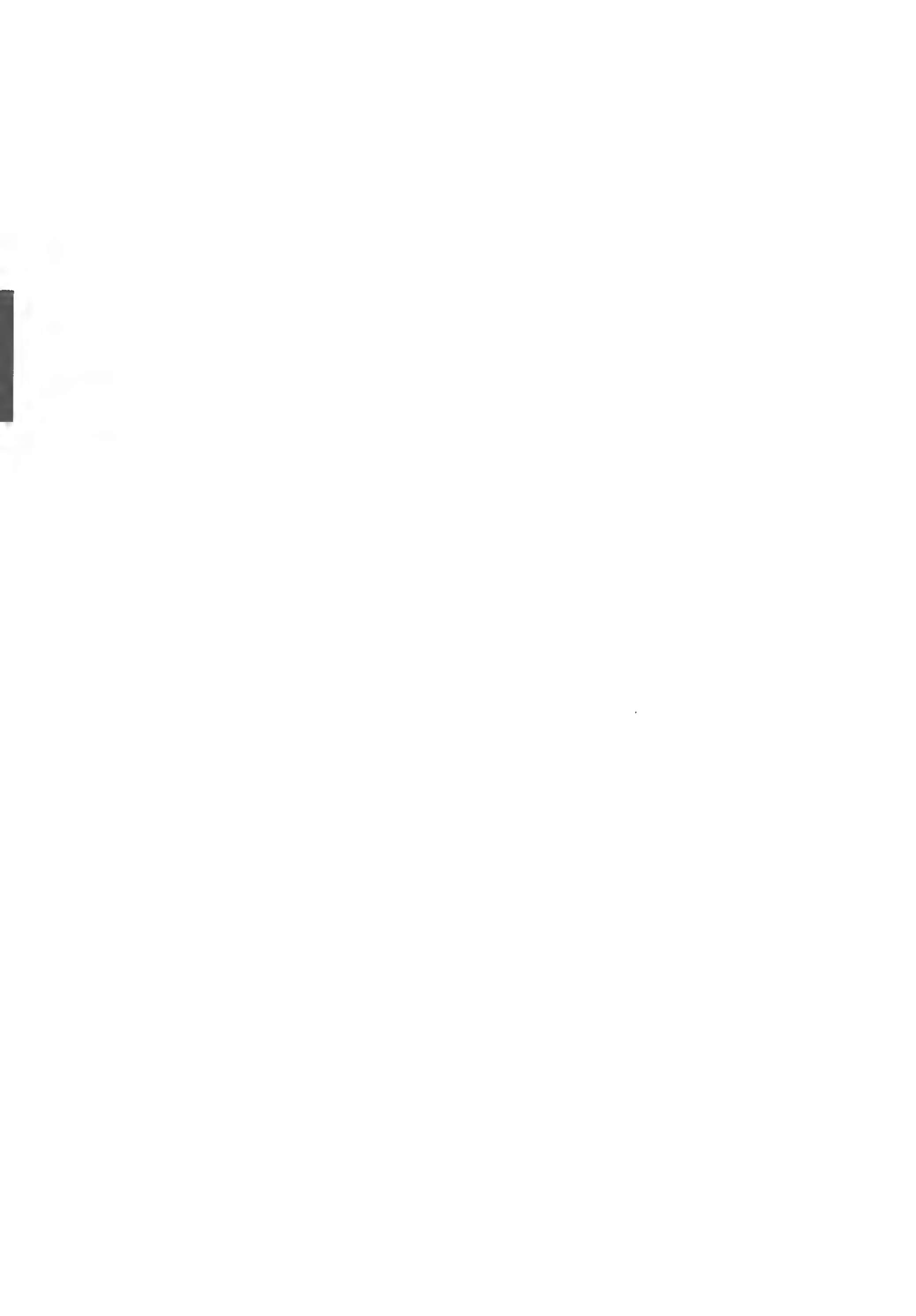


Ferroxcube-Symmetrier-Übertrager dienen zur Symmetrierung und Anpassung im Eingang von UKW- und Fernsehempfängern.

Es werden zwei Typen geliefert:

Typ	Material	
VK 211 13	FXC 4B	
K5 050 06	Ferroxplana 1 Z2	nähere Werkstoffangaben auf Anfrage.

+) in Ferroxplana 1Z3 mit einer Höhe von 7 mm lieferbar





Speicherkerne, Speichermatrizen und Speicherblöcke aus Ferroxcube 6


VALVO

Ringkerne für Speicher- und Schaltzwecke werden aus dem Ferritwerkstoff Ferroxcube 6 hergestellt. Sie besitzen eine nahezu rechteckige Hystereseschleife und werden aufgrund dieser Eigenschaft in Speichermatrizen und magnetischen Schaltkreisen eingesetzt.

Die verschiedenen Ferroxcube 6 -Sorten unterscheiden sich im wesentlichen hinsichtlich des erforderlichen Umschaltstromes und der Schaltzeit, wobei im allgemeinen ein kleiner Umschaltstrom eine große Schaltzeit bedingt und umgekehrt. Die verschiedenen Ringkerne haben Außendurchmesser von 0,5 bis 26 mm. Kleinere Kerne (Außendurchmesser ≦3,8 mm) eignen sich als Speicherkerne, größere Kerne (Außendurchmesser ≧3,8 mm) finden hauptsächlich für Schaltzwecke Verwendung. Die Auswahl der Sorte wird sich nach dem Verwendungszweck, den zur Verfügung stehenden Stromquellen, der gewünschten Schaltzeit und der erforderlichen Ausgangsspannung richten.

Typenübersicht

Typ	FXC-Sorte	Außendurchmesser (mm)	Umschaltstrom bei 40 °C (Betriebswerte) I_n (mA)	Schaltzeit bei 40 °C (Betriebswerte) t_s (µs)	Kerntemperatur °C
KE 326 11	6H1	0,55	835	0,17	40
K5 282 35	6F2	0,80	655	0,4	
K5 281 10	6D5	1,27	365	1,3	
K5 281 45	6C1	1,27	500	0,9	
K5 281 01	6B2	1,95	450	1,8	
56 591 40/6E1[1]	6E1	3,8	340	9'	
K5 281 46	6C2	1,27	755	1,0	0...+65
K5 282 36	6F3	0,82	740	0,5	+10...+70

[1]) Dieser Kern findet auch als Schaltkern Verwendung



Sämtliche Ringkerne werden einzeln einer zweimaligen strengen Prüfung unterworfen. Die Prüfung der Kerne erfolgt durch ein Impulsprogramm, das auf ihre spätere Verwendung in Koinzidenzschaltungen ausgerichtet ist. Der Impulsanstieg verläuft weitgehend linear (Ausnahmen sind in den Datenblättern angegeben).

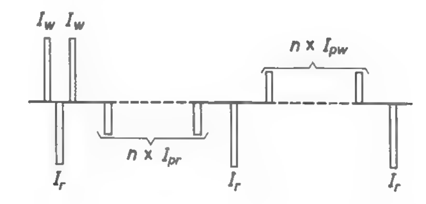


Bild 1 zeigt die Impulsfolge für das Prüfprogramm. Im einzelnen bedeuten:

I_w = Voller Schreibimpuls
I_r = Voller Leseimpuls
I_{pw} = Teil-Schreibimpuls (Störimpuls)
I_{pr} = Teil-Leseimpuls (Störimpuls)

Die üblichen Koinzidenz-Speicherschaltungen sind meist so ausgelegt, daß

$$I_w = -I_r = 2\,I_{pw} = -2\,I_{pr} = I_n$$

ist, wobei I_n den Nennwert des Umschaltstromes für die Ringkerne bedeutet. Man arbeitet also mit einem „Störverhältnis" von $I_{pw}/I_w = I_{pr}/I_r = 0{,}5$.

Im praktischen Betrieb etwa auftretende Abweichungen der Impulse von ihren Nennwerten machen sich ungünstig bemerkbar, wenn bei einem Umschaltvorgang die Impulse I_r oder I_w kleiner als I_n oder bei einem Störvorgang die Impulse I_{pr} oder I_{pw} größer als $I_n/2$ sind. Um noch für eine zehnprozentige Abweichung in beiden Fällen die einwandfreie Arbeitsweise der Kerne im Speicher zu gewährleisten, werden diese bei uns im allgemeinen mit Impulsen der Größe

$$I_w = -I_r = 0{,}9\,I_n \text{ und } I_{pw} = -I_{pr} = 0{,}55\,I_n$$

geprüft. Das entspricht einem Störverhältnis von 0,61.



Bild 2 Form des Prüfimpulses I_n und der Ausgangsimpulse uV_1, rV_1 und wV_z

Die wichtigsten Größen zur Kennzeichnung der Prüfimpulse sind (s. Bild 2, oberer Teil):

I_n Nennwert des Umschaltstromes
Er ist durch die maximale Amplitude des Impulses I gegeben, wobei Überschwingen unberücksichtigt bleibt.

t_1 Bezugszeitpunkt, in dem der Impuls I durch die Treiberdrähte während seines Anstiegs den Wert 0,1 I_n erreicht. Dieser Zeitpunkt dient auch als Bezugszeit für die Ausgangsimpulse, insbesondere bei der Definition von Spitzen- und Schaltzeit.

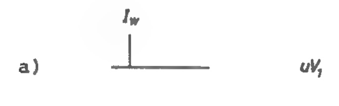


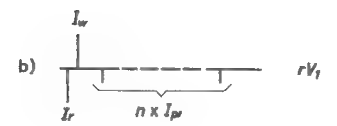
t_r Anstiegszeit, in der der Impuls von 0,1 I_n (Bezugszeit t_1) auf 0,9 I_n ansteigt (linearer Anstieg).

t_d Impulsdauer;
die Impulsdauer beginnt, wenn der Impuls I zum ersten Mal 0,9 I_n erreicht und endet, wenn er diesen Wert zum letzten Mal annimmt.

t_f Abfallzeit;
Zeitintervall, in dem der Impuls I von 0,9 I_n auf 0,1 I_n abfällt.

Die Prüfung wird bei einer Temperatur von 40 °C ausgeführt. Der Kern ist sekundärseitig mit einem 100 Ω -Widerstand belastet, an dem die Ausgangsimpulse abgenommen werden. Die Form dieser Impulse wird als Kriterium für die Qualität der Kerne benutzt. Im Prinzip ergibt sich der in Bild 2 (unterer Teil) gezeigte Spannungsverlauf. In Bild 3 ist schematisch dargestellt, nach welchen Stromimpulsen die Ausgangsimpulse uV_1, rV_1 und wV_z





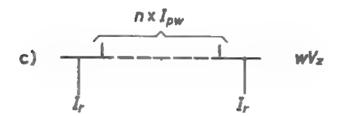


Bild 3 Stromimpulsfolge für die verschiedenen Ausgangsimpulse

auftreten. Die wichtigsten Größen zur Kennzeichnung der Ausgangsimpulse sind (s. Bild 2, unterer Teil):

uV_1 Spitzenwert der Ausgangsspannung (des Ausgangsimpulses) beim Ablesen einer ungestörten Eins, verursacht durch den ersten Leseimpuls I_r des Prüfprogramms (Bild 3 a).

rV_1 Spitzenwert der Ausgangsspannung beim Ablesen einer mehrmals mit I_{pr} gestörten Eins, verursacht durch den zweiten Leseimpuls I_r (Bild 3 b).

wV_z Spitzenwert der Ausgangsspannung beim Ablesen einer mehrmals mit I_{pw} gestörten Null, verursacht durch den dritten Leseimpuls I_r (Bild 3 c).

V_{ref} Bezugsspannung. Diese Spannung wird im allgemeinen als das 0,1 fache von rV_1 definiert.

t_s Schaltzeit, gemessen zwischen dem Bezugspunkt t_1 auf der Vorderflanke des Stromimpulses I und demjenigen Punkt auf der Rückflanke des Ausgangsimpulses, in dem rV_1 auf ein Zehntel abgesunken ist (V_{ref}).

t_p Spitzenzeit, gemessen zwischen dem Bezugspunkt t_1 und dem Spitzenwert rV_1.

t_{g1}, t_{g2} Torzeit, in der rV_1 bzw. wV_z gemessen wird. Die Torzeit beginnt bei t_a und endet bei t_e, beide Werte gemessen nach dem Bezugspunkt t_1.

Bei der Prüfung der Kerne wird untersucht, ob das minimal zulässige rV_1 nicht unterschritten und das maximal zulässige wV_z nicht überschritten wird. Außerdem dürfen die garantierten Werte für die Schalt- und Spitzenzeit nicht über- bzw. unterschritten werden.

Auf den folgenden Seiten sind die Daten und Kurven der einzelnen Speicherkerne angegeben. Beim Vergleich der Garantiewerte mit den graphischen Darstellungen ist zu beachten, daß die unter Garantiewerte angegebenen Daten sich auf das Störverhältnis 0,61 beziehen und somit für den Strom $I_w = -I_r$ gelten, der 10 % niedriger liegt als der Umschaltstrom I_n.

Speicherkern aus FXC 6 H 1

KE 326 11



Abmessungen		
Außendurchmesser	0,55	mm
Innendurchmesser	0,35	mm
Höhe	0,10	mm
Betriebswerte bei 40 °C		
Umschaltstrom I_n	835	mA
rV_1	54	mV
wV_z	6	mV
Schaltzeit t_s	0,17	µs
Garantiewerte		
rV_1	$\geq$30	mV
wV_z	$\leq$10	mV
Spitzenzeit t_p		µs
Schaltzeit t_s	$\leq$ 0,20	µs
Prüfbedingungen für die Garantiewerte		
$-I_r = I_w$	750	mA
$-I_{pr} = I_{pw}$	457	mA
Anstiegszeit t_r	0,050	µs
Impulsdauer t_d		µs
Anzahl der Störimpulse	32	
Kerntemperatur	40	°C



Speicherkern aus FXC 6 H1

KE 326 11

6H1
25 °C
Störverhältnis
0,55
0,61
mV
ns
uV_1
rV_1
rV_1
t_s
t_p
wV_z
I_r (mA)

6H1
40 °C
Störverhältnis
0,55
0,61
mV
ns
uV_1
rV_1
rV_1
t_s
t_p
wV_z
I_r (mA)

— 0,55 —
Störverh.
— 0,61 —

Meßtemperatur 25 °C

Meßtemperatur 40 °C

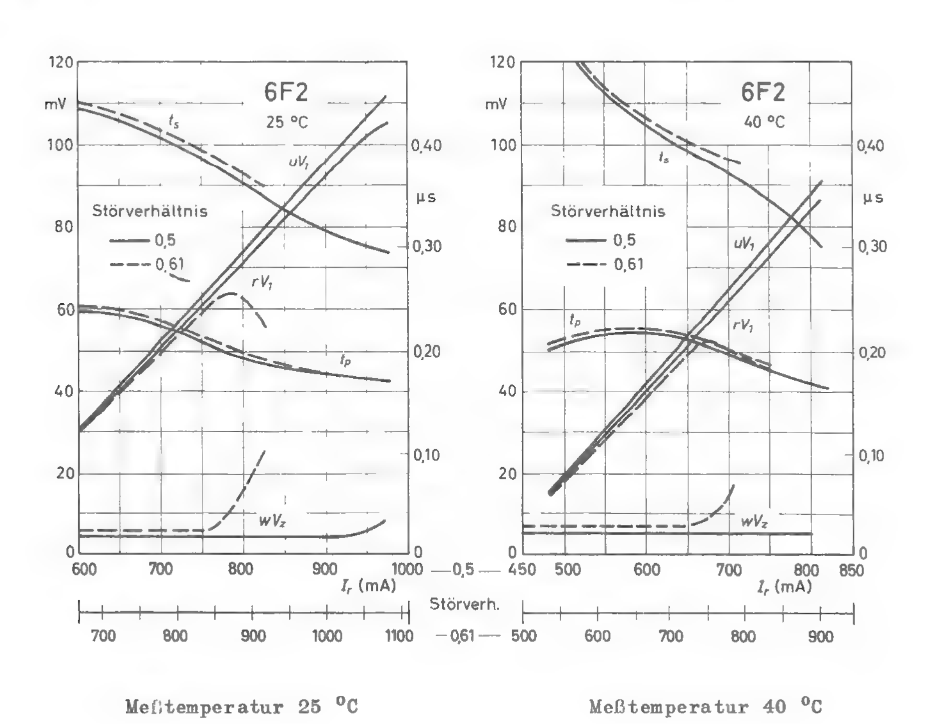
Abhängigkeit der Ausgangsimpulse uV_1, rV_1 und wV_z sowie der Schaltzeit t_s und der Spitzenzeit t_p vom Umschaltstrom bei FXC 6H1.

Speicherkern aus FXC 6 F 2

K5 282 35



Abmessungen		
Außendurchmesser	0,81 ± 0,04	mm
Innendurchmesser	0,50 ± 0,02	mm
Höhe	0,165 ± 0,01	mm
Betriebswerte bei 40 °C		
Umschaltstrom I_n	655	mA
rV_1	60	mV
wV_z	8	mV
Schaltzeit t_s	0,4	µs
Garantiewerte		
rV_1	$\geq$ 35	mV
wV_z	$\leq$ 9	mV
Spitzenzeit t_p	$0,19 \leq t_p \leq 0,25$	µs
Schaltzeit t_s	$0,35 \leq t_s \leq 0,45$	µs
Prüfbedingungen für die Garantiewerte		
$-I_r = I_w$	590	mA
$-I_{pr} = I_{pw}$	360	mA
Anstiegszeit t_r (linear)	0,1	µs
Impulsdauer t_d	1,5	µs
Anzahl der Störimpulse	32	
Bezugsspannung V_{ref}	3,5	mV
Kerntemperatur	40	°C



Meßtemperatur 25 °C

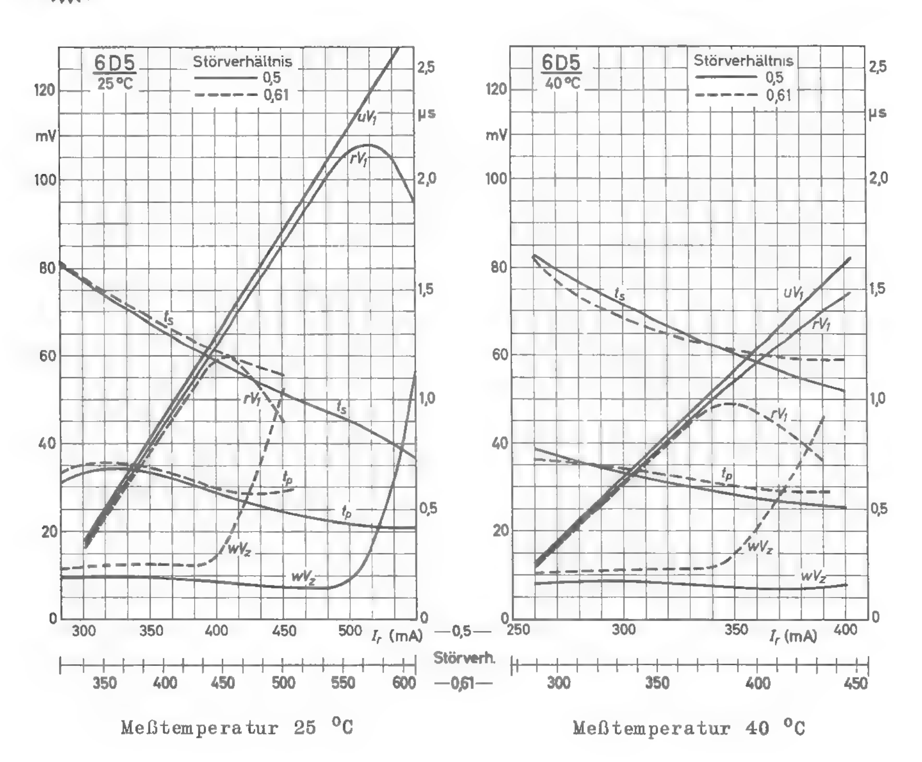
Meßtemperatur 40 °C

Abhängigkeit der Ausgangsimpulse uV_1, rV_1 und wV_z sowie der Schaltzeit t_s und der Spitzenzeit t_p vom Umschaltstrom bei FXC 6 F 2.

Die Anstiegsflanke der Prüfimpulse ist linear.



Abmessungen		
Außendurchmesser	1,27 ± 0,05	mm
Innendurchmesser	0,80 ± 0,05	mm
Höhe	0,38 ± 0,03	mm
Betriebswerte bei 40 °C		
Umschaltstrom I_n	365	mA
rV_1	57	mV
wV_z	10	mV
Schaltzeit t_s	1,3	µs
Garantiewerte		
rV_1	$\geq$ 42	mV
wV_z	$\leq$ 14	mV
Spitzenzeit t_p	$0{,}55 \leq t_p \leq 0{,}70$	µs
Schaltzeit t_s	$\leq$ 1,60	µs
Prüfbedingungen für die Garantiewerte		
$-I_r = I_w$	330	mA
$-I_{pr} = I_{pw}$	200	mA
Anstiegszeit t_r (linear)	0,2	µs
Impulsdauer t_d	$\geq$ 4,0	µs
Anzahl der Störimpulse	32	
Bezugsspannung V_{ref}	4,5	mV
Kerntemperatur	40	°C



Meßtemperatur 25 °C

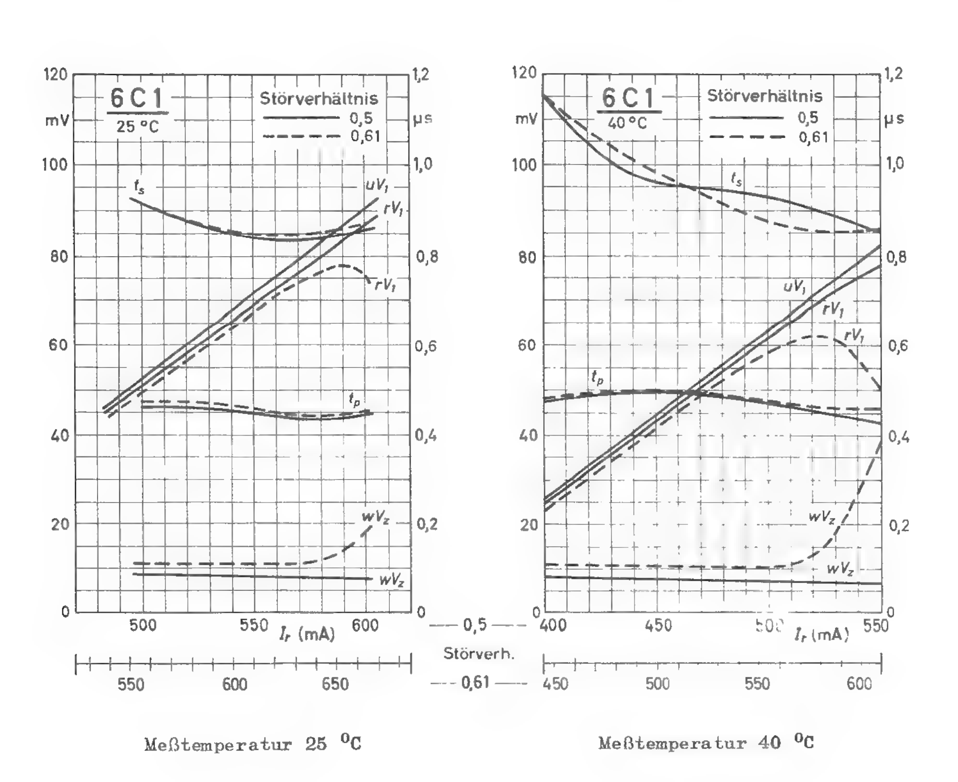
Meßtemperatur 40 °C

Abhängigkeit der Ausgangsimpulse uV_1, rV_1 und wV_z sowie der Schaltzeit t_s und der Spitzenzeit t_p vom Umschaltstrom bei FXC 6 D 5.

Die Anstiegsflanke der Prüfimpulse ist linear.



Abmessungen		
Außendurchmesser	1,27 ± 0,05	mm
Innendurchmesser	0,76 ± 0,05	mm
Höhe	0,30 ± 0,03	mm
Betriebswerte bei 40 °C		
Umschaltstrom I_n	500	mA
rV_1	60	mV
wV_z	11	mV
Schaltzeit t_s	0,90	µs
Garantiewerte		
rV_1	$\geq$ 36	mV
wV_z	$\leq$ 12	mV
Spitzenzeit t_p	$0,41 \leq t_p \leq 0,57$	µs
Schaltzeit t_s	$0,80 \leq t_s \leq 1,05$	µs
Prüfbedingungen für die Garantiewerte		
$-I_r = I_w$	450	mA
$-I_{pr} = I_{pw}$	275	mA
Anstiegszeit t_r (linear)	0,2	µs
Impulsdauer t_d	$\geq$ 2,0	µs
Anzahl der Störimpulse	32	
Bezugsspannung V_{ref}	3,6	mV
Kerntemperatur	40	°C



Meßtemperatur 25 °C

Meßtemperatur 40 °C

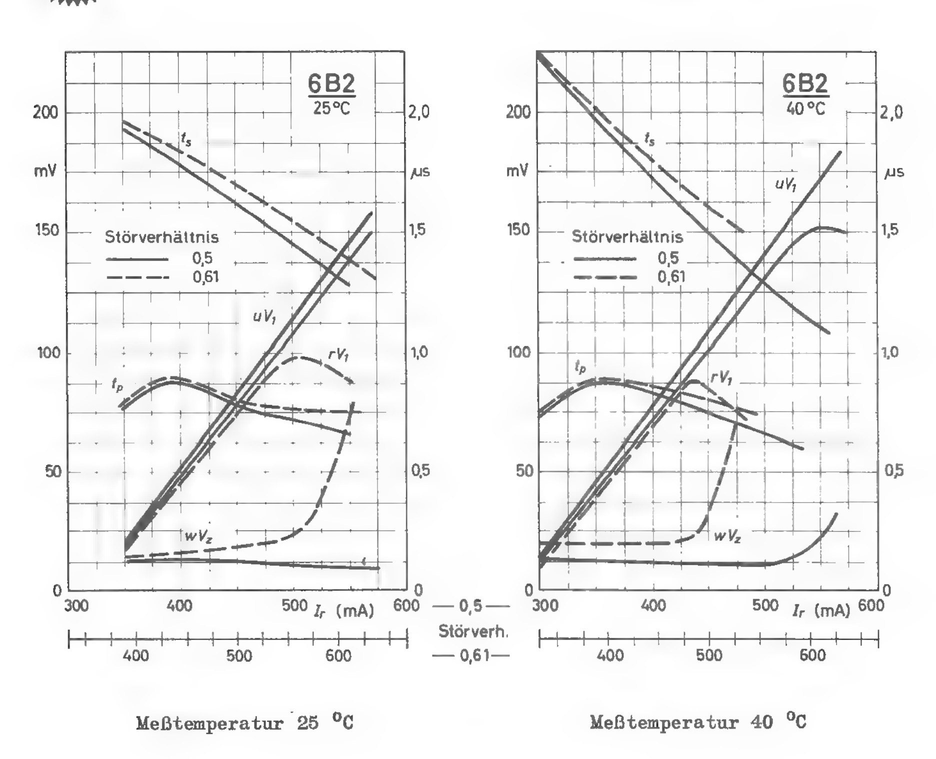
Abhängigkeit der Ausgangsimpulse uV_1, rV_1 und wV_z sowie der Schaltzeit t_s und der Spitzenzeit t_p vom Umschaltstrom bei FXC 6 C 1.

Die Anstiegsflanke der Prüfimpulse ist linear.

Speicherkern aus FXC 6 B 2
K5 281 01



Abmessungen		
Außendurchmesser	1,95 ± 0,10	mm
Innendurchmesser	1,30 ± 0,07	mm
Höhe	0,58 ± 0,07	mm
Betriebswerte bei 40 °C		
Umschaltstrom I_n	450	mA
rV_1	100	mV
wV_z	20	mV
Schaltzeit t_s	1,8	µs
Garantiewerte		
rV_1	$\geqq$ 72	mV
wV_z	$\leqq$ 24	mV
Spitzenzeit t_p	$0,75 \leqq t_p \leqq 1,0$	µs
Schaltzeit t_s	$\leqq$ 2,1	µs
Prüfbedingungen für die Garantiewerte		
$-I_r = I_w$	405	mA
$-I_{pr} = I_{pw}$	247	mA
Anstiegszeit t_r (linear)	0,3	µs
Impulsdauer t_d	5	µs
Anzahl der Störimpulse	32	
Bezugsspannung V_{ref}	7,0	mV
Kerntemperatur	40	°C



Meßtemperatur 25 °C

Meßtemperatur 40 °C

Abhängigkeit der Ausgangsimpulse uV_1, rV_1 und wV_z sowie der Schaltzeit t_s und der Spitzenzeit t_p vom Umschaltstrom bei FXC 6B2.

Die Anstiegsflanke der Prüfimpulse ist linear.

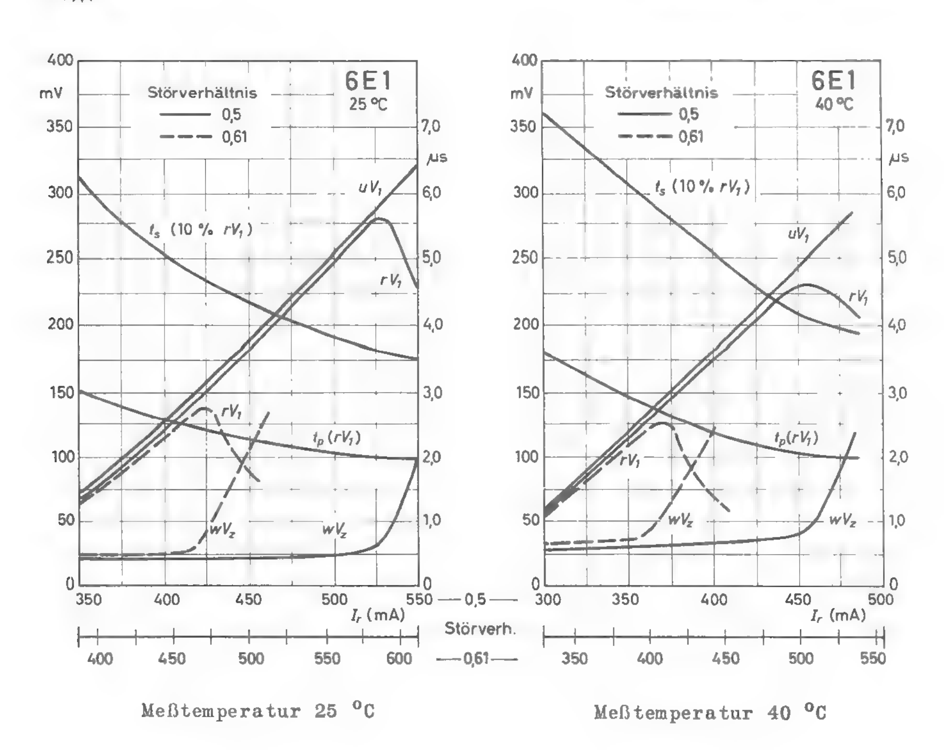
Speicherkern aus FXC 6 E 1

56 591 40/6E1



Dieser Kern kann auch als Schaltkern verwendet werden

Abmessungen		
Außendurchmesser	3,8 ± 0,1	mm
Innendurchmesser	2,2 ± 0,1	mm
Höhe	1,5 ± 0,1	mm
Betriebswerte bei 40 °C		
Umschaltstrom I_n	340	mA
Schaltzeit t_s	9	µs
Garantiewerte		
rV_1	≧45 (zwischen t_a = 2,6 µs und t_e = 4,4 µs)	mV
wV_z	≦ 6 (nach t_a = 2,3 µs)	mV
Schaltzeit t_s	≦10,5	µs
Prübedingungen für die Garantiewerte		
$-I_r = I_w$	308	mA
$-I_{pr} = I_{pw}$	189	mA
Anstiegszeit t_r (linear)	0,8	µs
Impulsdauer t_d	25	µs
Anzahl der Störimpulse	32	
Bezugsspannung V_{ref}	5	mV
Kerntemperatur	40	°C



Meßtemperatur 25 °C

Meßtemperatur 40 °C

Abhängigkeit der Ausgangsimpulse uV_1, rV_1 und wV_z sowie der Schaltzeit t_s und der Spitzenzeit t_p vom Umschaltstrom bei FXC 6E1.

Die Anstiegsflanke der Prüfimpulse ist linear.

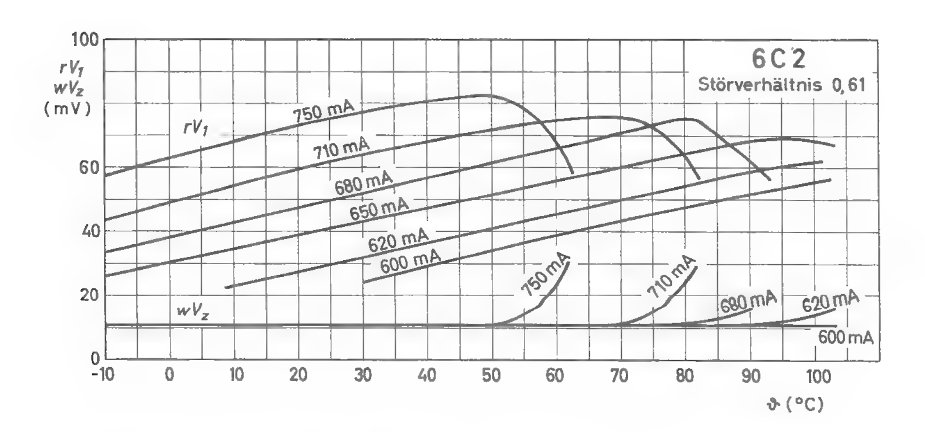
t_s Schaltzeit, gemessen zwischen dem Bezugspunkt t_1 auf der Vorderflanke des Stromimpulses I und demjenigen Punkt auf der Rückflanke des Ausgangsimpulses, in dem rV_1 auf ein Zehntel abgesunken ist (V_{ref}).

Speicherkern aus FXC 6 C 2
K 5 281 46

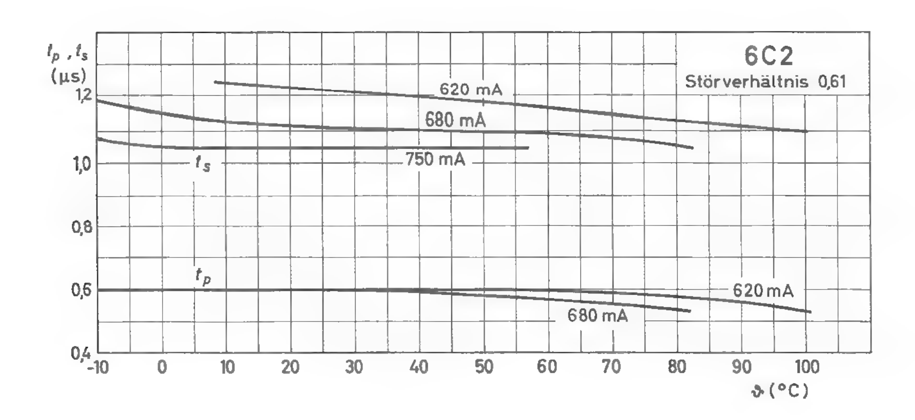


Abmessungen		
Außendurchmesser	1,27	mm
Innendurchmesser	0,80	mm
Höhe	0,38	mm
Betriebswerte bei 0...65 °C		
Umschaltstrom I_n	755	mA
rV_1	56	mV
wV_z	8	mV
Schaltzeit t_s	1,05	µs
Garantiewerte		
rV_1	$\geqq 33$	mV
wV_z	$\leqq 11$	mV
Spitzenzeit t_p	$0{,}44 \leqq t_p \leqq 0{,}61$	µs
Schaltzeit t_s	$\leqq 1{,}15$	µs
Prüfbedingungen für die Garantiewerte		
$-I_r = I_w$	680	mA
$-I_{pr} = I_{pw}$	415	mA
Anstiegszeit t_r (linear)	0,25	µs
Impulsdauer t_d	2,5	µs
Anzahl der Störimpulse	32	
Kerntemperatur	0 ... +65	°C





Abhängigkeit der Ausgangsimpulse rV_1 und wV_z von der Temperatur bei FXC 6C2

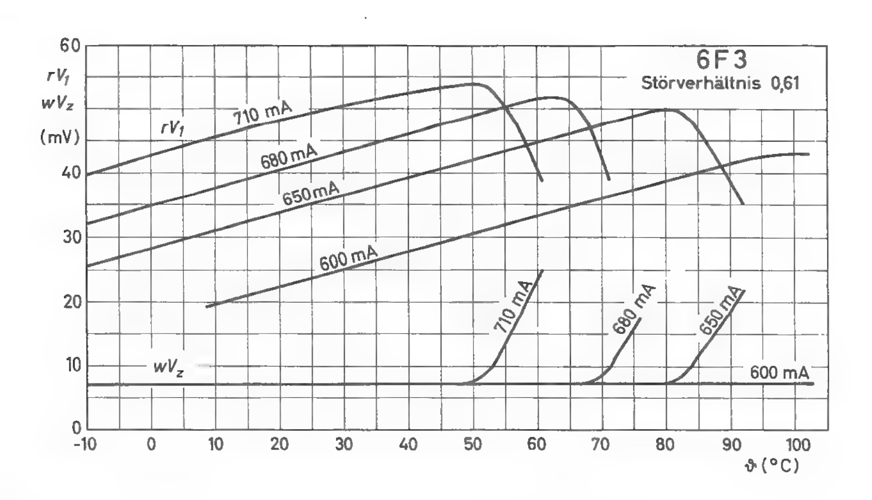


Abhängigkeit der Schaltzeit t_s und der Spitzenzeit t_p von der Temperatur bei FXC 6C2

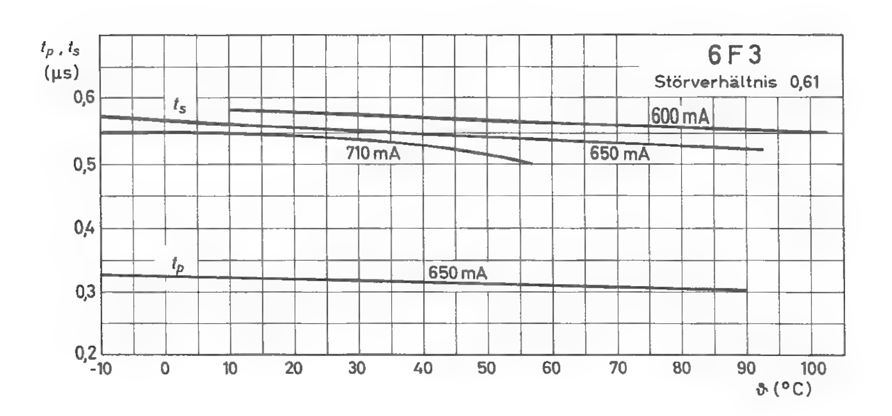


Abmessungen		
Außendurchmesser	0,82	mm
Innendurchmesser	0,49	mm
Höhe	0,21	mm
Betriebswerte bei +10...+70 °C		
Umschaltstrom I_n	740	mA
rV_1	52	mV
wV_z	6	mV
Schaltzeit t_s	0,5	µs
Garantiewerte		
rV_1	$\geqq 30$	mV
wV_z	$\leqq 8$	mV
Spitzenzeit t_p	$0{,}22 \leqq t_p \leqq 0{,}31$	µs
Schaltzeit t_s	$\leqq 0{,}55$	µs
Prüfbedingungen für die Garantiewerte		
$-I_r = I_w$	665	mA
$-I_{pr} = I_{pw}$	405	mA
Anstiegszeit t_r (linear)	0,15	µs
Impulsdauer t_d		µs
Anzahl der Störimpulse	32	
Kerntemperatur	+10...+70	°C





Abhängigkeit der Ausgangsimpulse rV_1 und wV_z von der Temperatur bei FXC 6F3



Abhängigkeit der Schaltzeit t_s und der Spitzenzeit t_p von der Temperatur bei FXC 6F3



Kerne für Schaltzwecke werden aus Ferroxcube 6D und 6E1 hergestellt. Kerne aus Ferroxcube 6D sind magnetisch härter (größere Koerzitivfeldstärke) als solche aus Ferroxcube 6E1, die für niedrige Schaltströme geeignet sind.

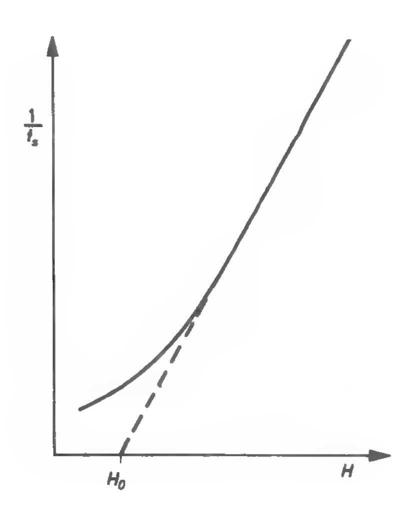


Bild 4 Zur Definition der Schwellenfeldstärke H_0

Trägt man die reziproke Schaltzeit $1/t_s$ gegen die Feldstärke H auf (Bild 4), so erhält man für Feldstärken, die bei Ferroxcube 6E1 etwa 0,5 A/cm und bei Ferroxcube 6D etwa 1 A/cm übersteigen, nahezu eine Gerade. Der extrapolierte Schnittpunkt dieser Geraden mit der H-Achse ergibt die Schwellenfeldstärke H_0, die in derselben Größenordnung liegt wie die Koerzitivfeldstärke H_c. Das Produkt t_s $(H-H_0)$ (reziproke Steigung der Geraden) wird als Schaltkoeffizient bezeichnet

$$S = t_s\,(H-H_0)\;.$$



Dieser Kern eignet sich sowohl für Speicher- als auch für Schaltzwecke. Die nachstehenden Daten und grafischen Darstellungen sind bei Verwendung als Schaltkern von Wichtigkeit.

Bild 5 gibt den Reziprokwert der Schaltzeit t_s und die Ausgangsspannung pro Windung uV_1 in Abhängigkeit von der Feldstärke an. Die Schwellenfeldstärke beträgt $H_0 = 0{,}24$ A/cm und der Schaltkoeffizient $S = t_s\,(H-H_0) = 0{,}80\ \mu s \cdot A/cm$. Bild 6 zeigt die Maximalinduktion B_m und die Remanenz B_r sowie das Verhältnis dieser Größen (relative Remanenz) als Funktion der Feldstärke.

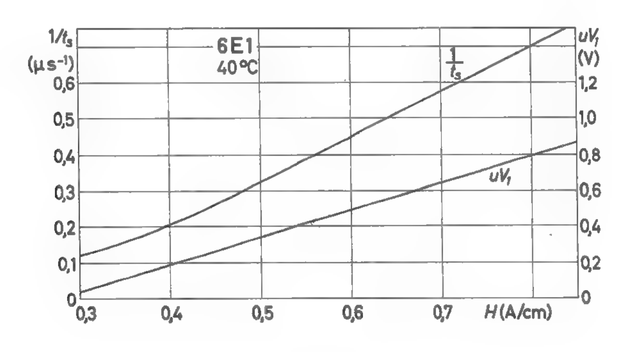


Bild 5

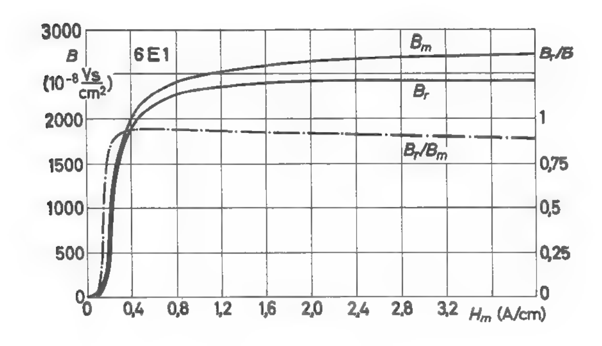


Bild 6



Abmessungen		
Außendurchmesser	3,8 ± 0,1	mm
Innendurchmesser	2,2 ± 0,1	mm
Höhe	1,5 ± 0,1	mm

Nennwerte bei 40 °C				
H_m	0,30	0,395	0,64	A/cm
B_m	1650	1980	2320	10^{-8} Vs/cm^2
B_r/B_m	0,91	0,93	0,94	
t_s	8	5	2	µs



Die Kerne eignen sich hauptsächlich für Schaltaufgaben. Bild 7 zeigt den Verlauf der Hystereseschleife für verschiedene Maximalfeldstärken H_m. Die Prüfung der Kerne erfolgt bei zwei unterschiedlichen H_m-Werten. Die Schwellenfeldstärke beträgt H_0 = 0,50 A/cm und der Schaltkoeffizient $S = t_s (H-H_0) = 0{,}96$ µs · A/cm. In der Tabelle sind die für alle Kerne aus Ferroxcube 6D bei 40 °C geltenden Nennwerte angegeben. Die Curie-Temperatur liegt oberhalb 300 °C. Die Koerzitivfeldstärke nimmt um etwa 0,2 %/grd ab. Rechteckigkeitsverhältnis und maximale Induktion sind nahezu konstant für Temperaturen bis 100 °C.

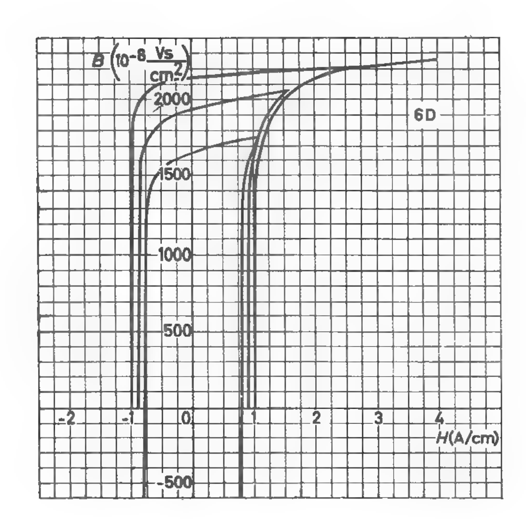


Bild 7

Abmessungen			
Typ	Außen-durchmesser (mm)	Innen-durchmesser (mm)	Höhe (mm)
K5 280 50	5,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2	1,0 ± 0,1
K5 280 45	8,0 ± 0,2	6,0 ± 0,2	2,0 ± 0,1
K5 280 55	13,4 ± 0,4	8,71 ± 0,3	5,6 ± 0,3
K5 280 60	26,0 ± 0,8	20,3 ± 0,6	7,2 ± 0,3

Nennwerte bei 40 °C			
H_m	1,1	2,2	A/cm
H_c	0,68	0,91	A/cm
B_m	1700	2100	10^{-8} Vs/cm^2
B_r/B_m	>0,9	>0,9	
t_s	<2,0	<1,0	µs

Speichermatrizen und -blöcke mit Ringkernen aus FXC 6



Speicherkerne aus Ferroxcube 6 sind fertig verdrahtet in vollständigen Speichermatrizen und -blöcken lieferbar. Hiervon stehen mehrere Standardtypen zur Verfügung, die sich in der Art und Anzahl der Speicherkerne sowie in der Verdrahtungsart unterscheiden. Auf Wunsch sind auch Spezialanfertigungen mit anderer Speicherkernzahl und Verdrahtung möglich.

Die Verdrahtung der Standardmatrizen besteht aus den Treiberdrähten (X- und Y-Drähten), dem Lesedraht und dem Inhibitdraht (Blockierdraht). Im Hinblick auf die verschiedenen Treiberstufen können die Matrizen sowohl mit einem als auch mit zwei X- und Y-Drähten pro Reihe und Spalte gelie-

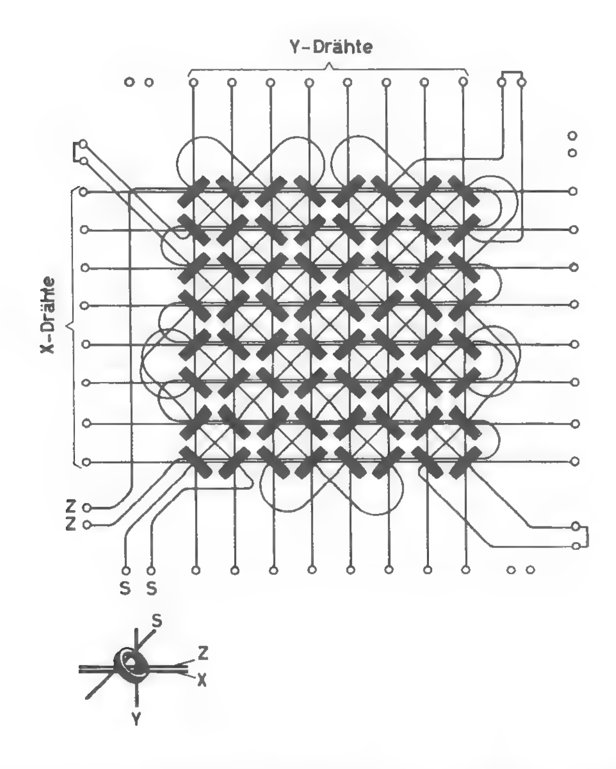


Bild 8 zeigt die Verdrahtung einer Matrix mit je einem X- und Y-Draht pro Reihe und Spalte.

fert werden. Durch jeden Kern in der Matrix laufen somit 4 bzw. 6 Drähte. Der Lesedraht wird diagonal durch die Matrix geführt; der Inhibitdraht verläuft parallel zu den X-Drähten.

Jede Matrix ist in einem Rahmen untergebracht, der zur Halterung der Drähte sowie zur mechanischen Befestigung der Lötstifte dient. In einem Rahmen, d.h. in einer Ebene, können auch mehrere Matrizen, z.B. vier,

Bild 9 Vier Matrizen in einer Ebene



angeordnet werden (Bild 9). In diesem Fall sind die X- und Y-Drähte je zweier Matrizen in Reihe geschaltet, jedoch hat jede Matrix einen eigenen Lese- und Blockierdraht.

Die Lötstifte an den Rahmen der Matrizen sind gegeneinander versetzt in zwei Ebenen angeordnet, um Montage und Verdrahtung der Speichermatrizen zu Speicherblöcken zu erleichtern. Ist z.B. der erste X-Draht von links an einem tiefgesetzten Lötstift befestigt, so liegt der zweite X-Draht von links an einem hochgesetzten Lötstift. Der erste Y-Draht von links ist dann an einem hochgesetzten Lötstift befestigt, der zweite an einem tiefgesetzten usw.

Alle Matrix-Standardtypen sind in den Ausführungsformen I und II lieferbar, die sich nur durch eine Drehung des Rahmens um 90° unterscheiden und somit eine spiegelbildlich gleiche Anordnung der Lötstifte besitzen. Dadurch können aufeinandergestapelte Matrizen bei abwechselnder Verwendung der beiden Ausführungsformen in einfacher Weise hintereinandergeschaltet werden (Inhibitdraht im Speicherblock bei jeder Ebene parallel zum X-Draht laufend).

Wird der Speicherblock durch Versetzung von Speicherebenen gleichen Typs um 90° aufgebaut, so läuft der Inhibitdraht im Speicherblock abwechselnd parallel zum X-Draht und zum Y-Draht.

Die in den Tabellen jeweils für die gleiche Zeile angegebenen beiden Typennummern beziehen sich auf die beiden Ausführungsformen der Matrizen.



Übersicht der Rahmensysteme

Rahmensystem	Rastermaß mm	Höhe mm	Material
für 1,3 mm-Kerne	1,27	4,9	Hartgewebe
für 2 mm-Kerne	2,03	7,2 bzw. 8,5	Preßstoff
für 0,8 mm-Kerne	1,003	3,2	Glasgewebe-Epoxyd

3,8 mm-Kerne (Ferroxcube 6E1) lassen sich in den Rahmen für 1,3 mm-Kerne unterbringen (maximal 42 x 42). In diesem Fall wird nur jeder dritte Lötstift an einen Treiberdraht angeschlossen.
2 mm-Kerne können ebenfalls in den Rahmen für 1,3 mm-Kerne verdrahtet werden (maximal 64 x 64). Hier wird nur jeder zweite Lötstift an einen Treiberdraht angeschlossen.

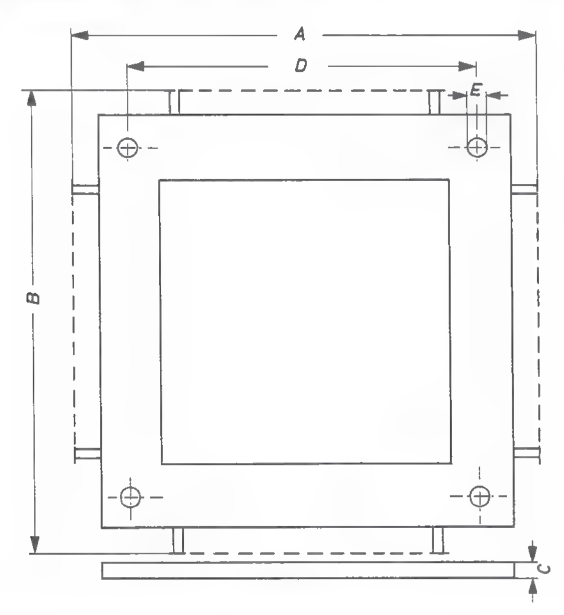


Bild 10 Abmessungen der Matrizen zu den folgenden Tabellen über 2 mm- und 1,3 mm-Kerne. (Die Ecken der Preßstoffrahmen für 2 mm-Kerne sind abgerundet).



Nicht für Neuentwicklung

Matrix aus 2 mm-Kernen im Preßstoffrahmen

Die Rahmen für 2 mm-Kerne (Ferroxcube 6B2) bestehen aus hochwertigem Preßstoff (s. Foto und Bild 10) und werden in nur zwei Größen angefertigt, nämlich für maximal 32 x 32 oder maximal 64 x 64 Kerne. Die äußeren Abmessungen einschließlich der Lötanschlüsse betragen 104 mm x 104 mm x 7,2 mm bzw. 202 mm x 202 mm x 8,5 mm.



Typ	Matrizen-ausführung	Anzahl der Kerne	Verdrahtung+)	Abmessungen (s. Bild 10) (mm)					Abstand der Zeilen und Spalten (mm)	Induktivität (µH)			Widerstand (Ω)		
				A	B	C	D	E		Treiberdraht	Inhibitdraht	Lesedraht	Treiberdraht	Inhibitdraht	Lesedraht
B1 669 26 B1 669 27	I II	64 x 64	1X, 1Y	202	202	8,5	170	5,3	2	0,6	30	35	0,15	5,5	6,7
B1 669 13 B1 669 14	I II	32 x 32	1X, 1Y	104 ±1	104 ±1	7,2 ±0,1	80 ±0,2	4,3 ±0,1	2	0,3	8	9	0,1	1,3	1,8
B1 669 21 B1 669 22	I II	32 x 32	2X, 2Y	202	202	8,5	170	5,3	4	0,4	10	12	0,15	2,8	3,5
B1 669 24 B1 669 25	I II	16 x 16	2X, 2Y	104 ±1	104 ±1	7,2 ±0,1	80 ±0,2	4,3 ±0,1	4	0,2	4	5	0,1	0,7	1,0
B1 669 16 B1 669 17	I II	4x10x10	1X, 1Y	104 ±1	104 ±1	7,2 ±0,1	80 ±0,2	4,3 ±0,1	2						
B1 669 28 B1 669 29	I II	4x16x16	1X, 1Y	104 ±1	104 ±1	7,2 ±0,1	80 ±0,2	4,3 ±0,1	2						

+) Alle Speichermatrizen enthalten außer den angegeb. Treiberdrähten einen Lese- und einen Inhibitdraht

Rahmen
für 1,3 mm-Kerne



Matrix aus 1,3 mm-Kernen im hochisolierenden Hartgeweberahmen

Die Rahmen für 1,3 mm-Kerne (Ferroxcube 6C1, 6D5, 6C2) sind aus hochisolierendem Hartgewebe hergestellt (s. Foto). Jede Seite des rechteckigen Rahmens besteht aus zwei zusammengeklebten Leisten. Dieses Rahmensystem ermöglicht die Herstellung der für den jeweiligen Fall optimalen Rahmengröße (maximale Rahmengröße für 128 x 128 Kerne). Der Abstand der Lötstifte (von Mitte zu Mitte eines Stiftes) beträgt 1,27 mm; an jeder Seite des

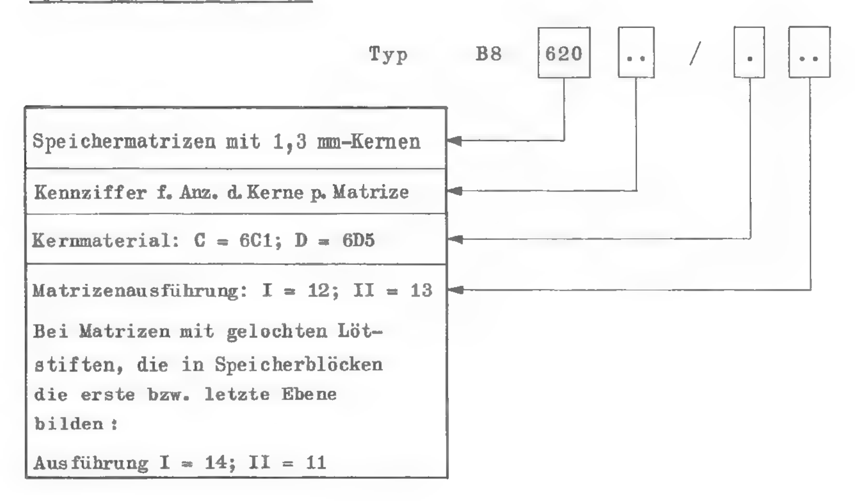


Rahmens sind neben den Lötstiften für die Treiberdrähte noch zwei weitere für den Lese- und Inhibitdraht eingesetzt. Für die Rahmen einschließlich der Lötanschlüsse werden weitere 34,1 mm benötigt. Die Höhe der Rahmen beträgt einheitlich 4,9 mm, so daß die äußeren Abmessungen der Matrix einschließlich der Lötanschlüsse durch

$$\left[(p + 4) \cdot 1{,}27 + 34{,}1\right] \times \left[(q + 4) \cdot 1{,}27 + 34{,}1\right] \times 4{,}9 \text{ mm}$$

(p = Zahl der Spalten, q = Zahl der Reihen) gegeben sind. Die Lötstifte benachbarter Ebenen liegen bei abwechselnder Verwendung der beiden Ausführungsformen so dicht beieinander, daß sie ohne weitere Drähte durch Tauchlöten verbunden werden können. Soll der Speicherblock eine ungerade Anzahl von Ebenen enthalten, so muß eine gerade Anzahl der Ausführungsform I verwendet werden. Ein Speicherblock kann auch unter Verwendung nur einer Rahmenausführungsform durch Drehung jeder zweiten Ebene um 90° aufgebaut werden (s. Tabelle: Speichermatrizen mit 1,3 mm-Kernen).

Typennummernschlüssel





mit Ringkernen aus FXC 6C1 K5 281 45	mit Ringkernen aus FXC 6D5 K5 281 10	Anzahl der Kerne	Verdrahtung+)	Abmessungen (s. Bild 10) (mm)				
Typ				A	B	C	D	E
B8 620 01/C 12 B8 620 01/C 13	B8 620 01/D 12 B8 620 01/D 13	16 x 16	1X, 1Y	60	60	4,9	40	3,2
B8 620 02/C 12 B8 620 02/C 13	B8 620 02/D 12 B8 620 02/D 13	32 x 32	1X, 1Y	80	80	4,9	60	3,2
B8 620 03/C 12 B8 620 03/C 13	B8 620 03/D 12 B8 620 03/D 13	64 x 64	1X, 1Y	120	120	4,9	100	3,2
B8 620 04/C 12 B8 620 04/C 13	B8 620 04/D 12 B8 620 04/D 13	16 x 32	1X, 1Y	80	60	4,9	60/40	3,2
B8 620 05/C 12 B8 620 05/C 13	B8 620 05/D 12 B8 620 05/D 13	32 x 64	1X, 1Y	120	80	4,9	100/60	3,2
B8 620 06/C 12 B8 620 06/C 13	B8 620 06/D 12 B8 620 06/D 13	4x16x16	1X, 1Y	85	85	4,9	65	3,2
B8 620 07/C 12 B8 620 07/C 13	B8 620 07/D 12 B8 620 07/D 13	4x32x32	1X, 1Y	125	125	4,9	105	3,2
B8 620 12/C 12 B8 620 12/C 13	B8 620 12/D 12 B8 620 12/D 13	8 x 8	2X, 2Y	60	60	4,9	40	3,2
B8 620 13/C 12 B8 620 13/C 13	B8 620 13/D 12 B8 620 13/D 13	16 x 16	2X, 2Y	80	80	4,9	60	3,2
B8 620 14/C 12 B8 620 14/C 13	B8 620 14/D 12 B8 620 14/D 13	32 x 32	2X, 2Y	120	120	4,9	100	3,2
B8 620 17/C 12 B8 620 17/C 13	B8 620 17/D 12 B8 620 17/D 13	4x8x8	2X, 2Y	85	85	4,9	65	3,2
B8 620 18/C 12 B8 620 18/C 13	B8 620 18/D 12 B8 620 18/D 13	4x16x16	2X, 2Y	125	125	4,9	105	3,2

+) Alle Speichermatrizen enthalten außer den angegebenen Treiberdrähten einen Lese- und Inhibitdraht



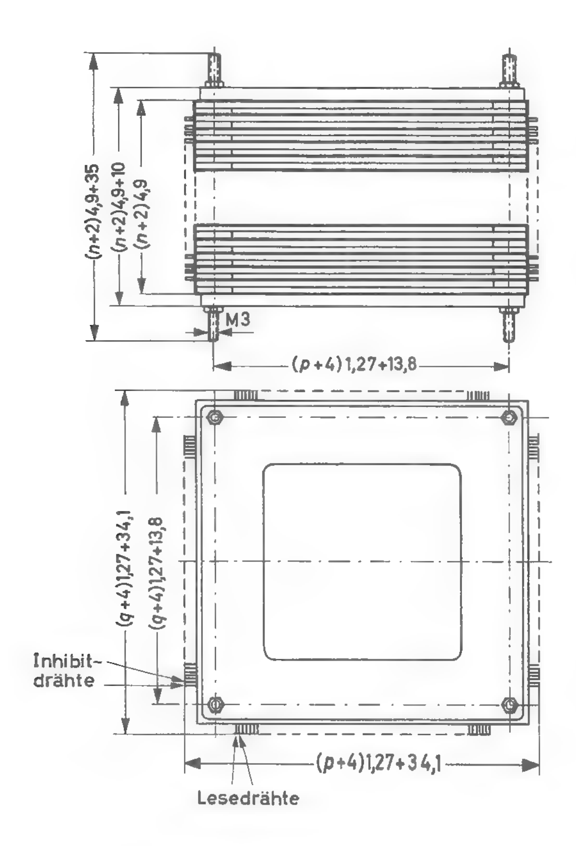
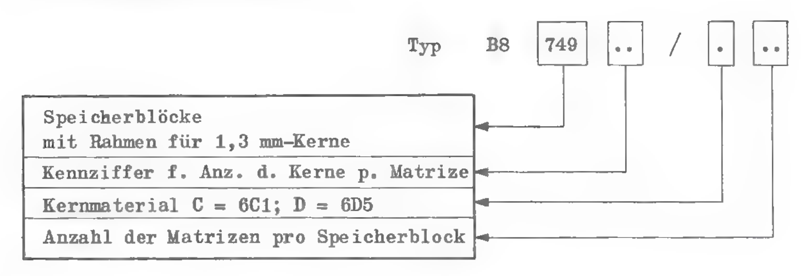


Bild 11 Abmessungen des Speicherblocks
mit Rahmen für 1,3 mm-Kerne

Fertig verdrahtete Speicherblöcke bestehen aus einer Anzahl von aufeinandergestapelten Matrizen oder Ebenen, wobei entweder die oben erwähnten Ausführungsformen der Matrizen abwechselnd verwendet sind, oder bei Verwendung nur einer Ausführung jede 2. Ebene um 90° versetzt ist. Um den Speicherblock vor mechanischen Beschädigungen zu schützen, sind oben und unten am Speicher je ein Leerrahmen und eine Aluminiumplatte angebracht. Die gesamte Anordnung wird mittels Messingbolzen durch die Löcher in den Rahmenecken zusammengebaut. Bild 11 zeigt die geometrischen Abmessungen eines Speicherblocks.



Typennummernschlüssel



Typ FXC 6C1 K5 281 45	Typ FXC 6D5 K5 281 10	Anzahl der Kerne pro Matrize	Verdrahtung +)	Abmessungen (mm) s. Bild 11: Länge	Breite	Höhe des Speicherblocks	Höhe des Speicherblocks einschließlich Bolzen
B8 749 01/C ..	B8 749 01/D ..	16 x 16	1X, 1Y	60	60	(n+2) · 4,9 + 10	(n+2) · 4,9 + 35
B8 749 02/C ..	B8 749 02/D ..	32 x 32	1X, 1Y	80	80		
B8 749 03/C ..	B8 749 03/D ..	64 x 64	1X, 1Y	120	120		
B8 749 06/C ..	B8 749 06/D ..	4x16x16	1X, 1Y	85	85		
B8 749 07/C ..	B8 749 07/D ..	4x32x32	1X, 1Y	125	125		
B8 749 13/C ..	B8 749 13/D ..	16 x 16	2X, 2Y	80	80		
B8 749 14/C ..	B8 749 14/D ..	32 x 32	2X, 2Y	120	120		

Speicherblöcke mit Rahmen für 0,8 mm-Kerne auf Anfrage.

+) Alle aufgeführten Speichermatrizen und -blöcke enthalten außer den angegebenen Treiberdrähten einen Lese- und einen Blockierdraht.



Piezomagnetische Leistungswandler aus Ferroxcube 7



Piezomagnetische Ultraschallschwinger werden aus dem Ferritwerkstoff Ferroxcube 7 hergestellt. Sie besitzen eine hohe negative Magnetostriktion und behalten ihre piezomagnetische Aktivität bis zu Temperaturen über 350 °C. Infolge ihres hohen spezifischen Widerstandes treten praktisch keine Wirbelströme auf; eine Lamellierung wie bei metallischen Schwingern ist daher nicht erforderlich.

Die Ultraschallschwinger sind in den Sorten Ferroxcube 7A1, 7A2 und 7B lieferbar.

Schwinger aus Ferroxcube 7A1 und 7A2 dienen zur Abstrahlung hoher Leistungen und werden vor allem für die Ultraschalloberflächenreinigung verwendet.

Ferroxcube 7A2 hat eine geringe Temperaturabhängigkeit des piezomagnetischen Kopplungskoeffizienten (Erklärung s. folgende Seite), während der Kopplungskoeffizient von Ferroxcube 7A1 im Bereich der Zimmertemperatur größer ist als bei Ferroxcube 7A2. Schwinger aus Ferroxcube 7B finden in elektrischen und mechanischen Bandfiltern Verwendung. Sie besitzen gegenüber Schwingern aus Ferroxcube 7A1 und 7A2 eine geringere maximale Bandbreite, aber eine höhere Stabilität sowie eine höhere mechanische Güte.

Erläuterung der magnetostriktiven Grundbegriffe

In der Tabelle sind die wichtigsten Eigenschaften unserer Ferroxcube 7-Sorten aufgeführt. Die Magnetostriktion λ als Funktion der magnetischen Polarisation J ist in Bild 1 dargestellt; die Porosität p (Porenvolumen/Gesamtvolumen) ist bei Ferroxcube 7 sehr niedrig. Die mechanische Güte Q_E^H (der obere Index gibt diejenige Größe an, die gleich Null oder konstant gesetzt ist) des frei schwingenden Kernes mit offener Spule erreicht infolge der vernachlässigbaren Wirbelstromverluste hohe Werte. Die Definition von Q_E^H erfolgt durch die Gleichung

$$E^H = E^{H'} \left(1 + \frac{i}{Q_E^H}\right) ,$$

wo E^H der Elastizitätsmodul des frei schwingenden Kernes mit offener Spule und $E^{H'}$ der entsprechende Realteil ist.



Ferroxcube-Sorte	Sättigungs-Magneto-striktion λ_{sat}	Porosität p	Curie Temperatur T_C	Spezif. elektr. Widerstand ρ_{el}	Mechanische Güte des völlig freischwingenden Kernes mit offener Spule Q_E^H	Piezomagnetischer Kopplungskoeffizient k'_{opt} (optimale Vormagnetisierung $B_{opt} \sim 0,7\ B_{sat}$)	Für maximales k' erforderliche Vormagnetisierung H_{opt}
	10^{-6}	%	°C	Ω cm			A/cm
Ferroxcube 7A1	-28	1 - 4	530	$10^2 - 10^3$	≥2000	0,25 - 0,32	12 - 20
Ferroxcube 7A2	-28	1 - 4	530	$10^2 - 10^3$	≥2500	0,20 - 0,26	9 - 14
Ferroxcube 7B	-27	ca. 10	590	$>10^4$	≥4000	0,19 - 0,22	25 - 50



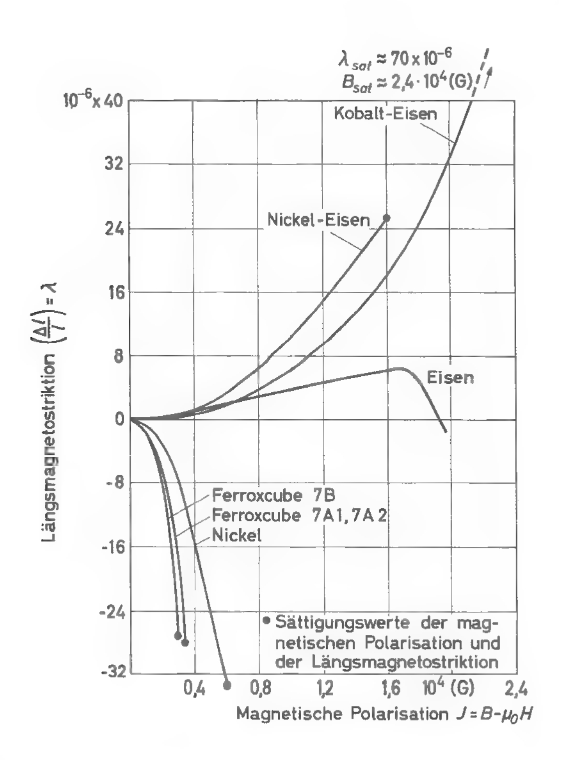


Bild 1 Magnetostriktion als Funktion der Polarisation (Neukurven).

Der piezomagnetische Kopplungskoeffizient k ist definiert durch die Gleichung

$$k^2 = \frac{\mu^{\sigma} - \mu^{\lambda}}{\mu^{\sigma}}$$

Hierin bedeutet μ^{σ} die reversible Permeabilität, wenn keine Zugspannung σ vorhanden ist, während μ^{λ} die reversible Permeabilität bei konstanter Länge ($\lambda = 0$) darstellt. Da μ^{σ} und μ^{λ} komplexe Größen sind, ist auch k eine komplexe Größe. Der Realteil hiervon (k') besitzt ein Maximum (k'_{opt}), wenn $B_{opt} \sim 0{,}7\ B_{sat}$ ist. Die hierfür erforderliche Vormagnetisierung



H_{opt} ist in der letzten Spalte der Tabelle angegeben. Der Wert k' ist ein Maß für die Umwandlung gespeicherter magnetischer Energie in mechanische (elastische) Energie bei Frequenzen weit unterhalb der mechanischen Resonanzfrequenz.

Der elektroakustische Wirkungsgrad η_{ea} (abgestrahlte akustische Leistung/zugeführte elektrische Leistung) ist infolge der hohen Güte der Ferroxcube 7-Schwinger sehr hoch. In Bild 2 ist η_{ea} für verschiedene Schallwandler angegeben, die bei ihrer charakteristischen Frequenz f_{max}, d.h. bei höchstem Wirkungsgrad betrieben werden.

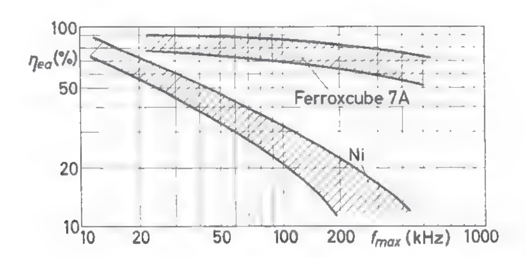


Bild 2 Abhängigkeit des elektroakustischen Wirkungsgrades η_{ea} massiver Ferritschwinger und lamellierter Nickelschwinger von der charakteristischen Frequenz f_{max}

Die Resonanzfrequenzen f^H und f^B sind die Frequenzen freier Schwingungen eines vormagnetisierten Kernes mit offener Wicklung (Wechselfeld H = 0) bzw. kurzgeschlossener Wicklung (Wechselinduktion B = 0). Die Frequenz f^B ist identisch mit der charakteristischen Frequenz f_{max}, die bei Leistungsabstrahlung den höchsten Wirkungsgrad ergibt. Gleichzeitig sind f^H und f^B auch die Frequenzen, bei denen die elektrische Impedanz des freien Übertragers einen Maximal- und Minimalwert besitzt (Bild 3).



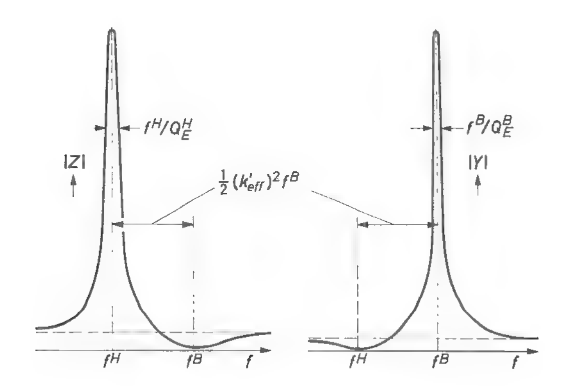


Bild 3 Frequenzabhängigkeit der absoluten Impedanz- und Admittanzwerte von akustisch unbelasteten piezomagnetischen Wandlern. Schematische Darstellung.

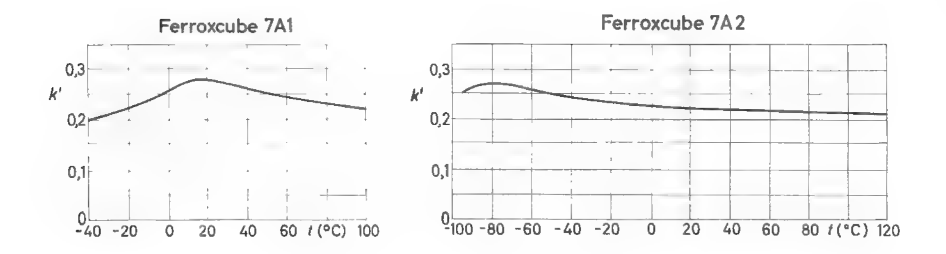


Bild 4 Temperaturabhängigkeit des Kopplungskoeffizienten von Ferroxcube 7A1 und 7A2.

Bild 4 zeigt die Abhängigkeit des piezomagnetischen Kopplungskoeffizienten von der Temperatur für Ferroxcube 7A1 und 7A2. In Bild 5 ist die Temperaturabhängigkeit der Resonanzfrequenzen f^H und f^B für Ferroxcube 7A1, 7A2 und 7B dargestellt. Der Abstand zwischen f^H und f^B beträgt $\frac{1}{2}\,k'^2\,f^B$.



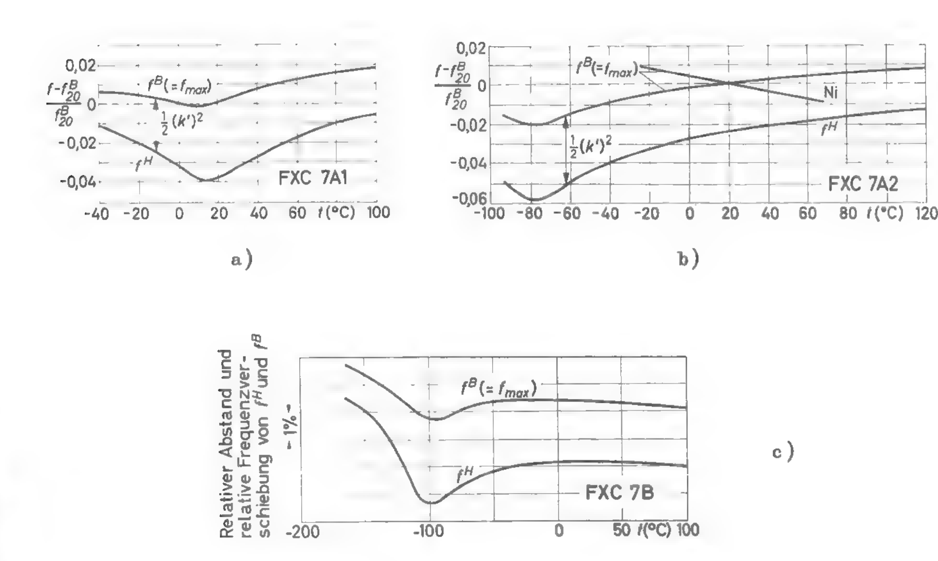


Bild 5 Temperaturabhängigkeit der mechanischen Eigenfrequenzen f^B und f^H von Ferroxcube 7A1 (a), 7A2 (b) und 7B (c).

Zur Amplitudenbegrenzung ist es oft zweckmäßig, ein piezoelektrisches Plättchen am Ultraschallschwinger anzubringen, das eine Rückkopplungsspannung erzeugt und mit dieser den Generator gegenphasig steuert. Die Rückkopplungsspannung kann auch zur Selbsterregung des Generators verwendet werden; in diesem Fall arbeitet der Generator unabhängig von der Belastung stets in der Nähe der Frequenz, bei der der Wirkungsgrad am höchsten ist.

Die piezoelektrischen Plättchen sind aus Bleizirkonat hergestellt. Ihr Durchmesser beträgt 16 mm, ihre Dicke 1 mm. Weitere Daten werden auf Anfrage mitgeteilt.



Erläuterungen zu den Datenblättern

$\oint H_{opt}\, ds$ gibt die Amperewindungszahl an, die zur Erzielung von k'_{opt} erforderlich ist. N_{max} ist die maximal zulässige HF-Dauer-Eingangsleistung. Die sog. kritische HF-Eingangsleistung, die unter keinen Umständen überschritten werden darf, liegt noch um etwa 15 - 30 % höher. Die Werte für N_{max} gelten für in Wasser untergetauchte Schwinger. Für in Luft arbeitende, einseitig belastete Schwinger, müssen die N_{max}-Werte der untergetauchten, einseitig belasteten Schwinger etwa halbiert werden. Wird der Schwinger mit N_{max} betrieben, so tritt an den strahlenden Flächen die akustische Intensität I_{akust} (Watt/cm^2) auf. Die Größen $2\pi\, f_{max}\, L_{par}$ und R_{par} bedeuten den Parallelblindwiderstand bzw. den Parallelwirkwiderstand des äquivalenten elektrischen Kreises für ein- und doppelseitig belastete, in Wasser untergetauchte Schwinger bei f_{max} (n = Windungszahl). Die Werte des Parallelwiderstandes und der mechanischen Güten Q_W (mit Last) hängen in hohem Maße von dem akustischen Reflexions- und Absorptionsvermögen der im Strahlungsfeld befindlichen Gegenstände und von der Menge der in der Reinigungsflüssigkeit gelösten Gase ab.

Die Tabelle auf der folgenden Seite gibt eine Übersicht über die wichtigsten Daten der Ultraschallschwinger. Daten von Ferroxcube 7A1 und 7B auf Anfrage.

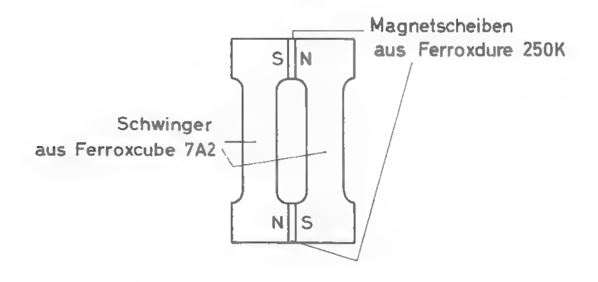


Bild 6 Vollständiger Schwinger

Ein Doppelschwinger besteht aus zwei Einzelschwingern, die in der in Bild 6 gezeigten Weise zusammengesetzt werden. Zur Vormagnetisierung ist es zweckmäßig, zwei rechteckige Scheiben aus dem Dauermagnetwerkstoff Ferrox-



Typenübersicht

Typ	Schwingerform	Höhe	Breite	Tiefe	$f^B = f_{max}$	k'_{opt}	η_{ea} vollständig untergetaucht	η_{ea} ein Ende eingetaucht
			mm		kHz			
K5 550 05	Rahmen	96	33,2	30	25,6-26,0	0,18-0,23	≥0,70	≥0,80
K5 550 11	Rahmen	58	24,6	30	41,0-41,8	0,18-0,23	≥0,70	≥0,80
K5 550 16	Schwinger	96	18,2+)	40	22,3-22,7	0,18-0,23	≥0,70	≥0,80
K5 550 21	Schwinger	50,4	14,0+)	30	41,8-42,4	0,18-0,23	≥0,70	≥0,80
K3 040 00	Doppelschwinger	96	45,3	41	22,0-22,7	0,17-0,23	≥0,70	≥0,80
K3 040 05	Doppelschwinger	50,4	31,3	31	41,2-42,2	0,17-0,23	≥0,70	≥0,80

+) Ein Schwinger, oben oder unten gemessen



dure 250 K zwischen die Schwinger zu schieben. Die Vormagnetisierung kann auch durch einen Gleichstromteil in der Erregerwicklung bewirkt werden. Die Scheiben haben die Flächen 30 mm x 9 mm (K6 176 00, magnetisiert) und 40 mm x 16,6 mm (K6 100 00, magnetisiert); die Magnetisierung ist senkrecht zu diesen Flächen. Sie entmagnetisieren sich infolge ihrer sehr hohen Koerzitivfeldstärke auch außerhalb des magnetischen Kreises nicht. Beim Zusammenbau des Doppelschwingers muß die Magnetisierungsrichtung der Scheiben beachtet werden.

Hinweise für die Verklebung unserer Ferroxcube 7 -Ultraschallschwinger mit Glas- oder Nickeleisenblechbehältern

Eine Ultraschallanlage besteht oftmals aus einem Ferroxcube-Schwinger, auf den ein Flüssigkeitsbehälter geklebt ist. Dieser kann aus Glas oder Metall (z.B. rostfreiem Stahl) gefertigt sein. Der Behälterboden oder die Behälterwand soll die akustische Energie vom Schwinger in die Flüssigkeit übertragen. An den Kleber müssen folgende Anforderungen gestellt werden:

Er darf auch während der Ultraschallbestrahlung nicht abreißen.

Er muß genügend hart sein, um die akustische Energie ohne übermäßige Dämpfung übertragen zu können.

Er muß genügend dehnbar sein, um einen Bruch des Materials infolge mechanischer Spannungen (z.B. durch unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten von Ferroxcube 7A und der Wand) bis zu einer bestimmten Temperatur (z.B. 100 °C) zu vermeiden.

Folgende Mischung hat sich bei uns bewährt:

100 Teile	Araldit	Nr. 714	Hersteller Ciba A.G. Wehr/Baden
100 Teile	Härter	Nr. 905	
15 Teile	Weichmacher	Nr. 905	
1 Teil	Beschleuniger	Nr. 905	



Der gebrauchsfertige Kleber muß bei 20 °C in etwa 20 Stunden (Topfzeit) verarbeitet werden. Da jedoch eine Mischung aus den ersten drei Bestandteilen eine Topfzeit von ca. 2 Monaten besitzt, kann man eine entsprechende Menge hiervon vorrätig halten und den Beschleuniger erst unmittelbar vor Gebrauch des Klebers hinzufügen.

Besteht die Wand aus Glas oder keramischem Material, so genügen eine Entfettung mit Trichloräthylen und anschließende Trocknung bei 80 °C.

Die Oberflächen des Schwingers sowie die Metallwände sollten mittels eines Sandstrahlgebläses oder durch Ätzung gereinigt werden. Vor der Ätzung entfettet man sie vier Minuten in einer Mischung aus 60 cm^3 konzentrierter Salpetersäure, 60 cm^3 konzentrierter Schwefelsäure und 480 cm^3 Wasser. Nach gründlicher Spülung mit Wasser wird die Oberfläche zwei Minuten in eine Mischung aus 300 cm^3 konzentrierter Salzsäure, 10 cm^3 30-prozentigem Wasserstoffsuperoxyd und 190 cm^3 Wasser getaucht. Anschließend spült man wiederholt mit Wasser und läßt die Fläche trocknen. Nach der Reinigung sollten die zu verklebenden Oberflächen nicht mehr berührt und innerhalb von 24 Stunden miteinander verklebt werden.

Die zu verklebenden Flächen werden sorgfältig mit einer dünnen und homogenen Schicht des Klebers bestrichen und sodann leicht zusammengedrückt. Die Verbindung läßt man etwa fünf Stunden bei ca. 100 °C aushärten und schließlich l a n g s a m abkühlen.

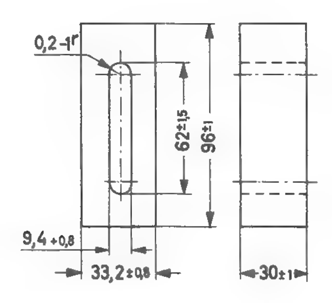
Für Verklebungen nach diesen Hinweisen können wir keine Gewähr übernehmen. Die beschriebene Methode wurde lediglich als die beste einer größeren Anzahl von Versuchen in unserem Labor ermittelt.

Außer piezomagnetischen Leistungswandlern aus Ferroxcube 7 sind auch piezoelektrische Wandler aus „Piezoxyde" in unserem Fertigungsprogramm vorgesehen. Nähere Einzelheiten auf Anfrage.



Ultraschallschwinger aus FXC 7 A 2

K5 550 05

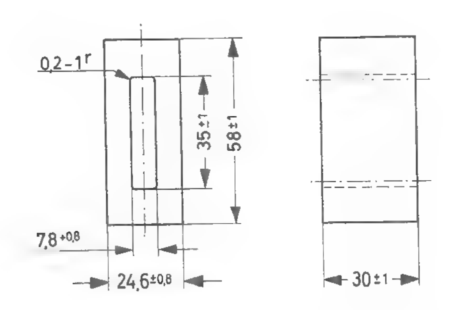


f^H	25,0 bis 25,5	kHz
$f^B = f_{max}$	25,6 bis 26,0	kHz
k'_{opt}	0,18 bis 0,23	
$\oint H_{opt}$ ds	150 bis 230	Aw
η_{ea} vollständig untergetaucht ein Ende eingetaucht	 ≥0,70 ≥0,80	
N_{max} Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 40 bis 45 70 bis 75	 W W
I_{akust}	3,0 bis 3,5	W/cm²
$2\pi\ f_{max}\ L_{par}$ Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung ein- und doppelseitig	$n^2 \cdot 0{,}009$	Ω
R_{par} Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 $n^2 \cdot 0{,}006$ $n^2 \cdot 0{,}009$	 Ω Ω
Q_W Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 20 bis 45 12 bis 25	
Q_V ein Ende in Wasser getaucht	 40 bis 70	
Gewicht	ca. 410	g

Ultraschallschwinger aus FXC 7 A 2

K5 550 11



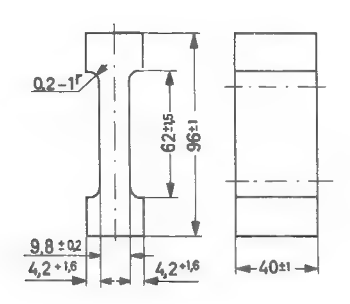


f^H	40,0 bis 41,0	kHz
$f^B = f_{max}$	41,0 bis 41,8	kHz
k'_{opt}	0,18 bis 0,23	
$\oint H_{opt}\, ds$	100 bis 150	Aw
η_{ea} vollständig untergetaucht ein Ende eingetaucht	 ≥0,70 ≥0,80	
N_{max} Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 30 bis 35 55 bis 60	 W W
I_{akust}	3,0 bis 3,5	W/cm²
$2\pi\, f_{max}\, L_{par}$ Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung ein- und doppelseitig	$n^2 \cdot 0{,}022$	Ω
R_{par} Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 $n^2 \cdot 0{,}015$ $n^2 \cdot 0{,}020$	 Ω Ω
Q_W Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 20 bis 45 12 bis 25	
Q_V ein Ende in Wasser getaucht	 40 bis 70	
Gewicht	185	g



Ultraschallschwinger aus FXC 7 A 2

K5 550 16



f^H	21,8 bis 22,3	kHz
$f^B = f_{max}$	22,3 bis 22,7	kHz
k'_{opt}	0,18 bis 0,23	
$\oint H_{opt}\, ds$	150 bis 230	Aw
η_{ea} vollständig untergetaucht ein Ende eingetaucht	 ≥0,70 ≥0,80	
N_{max} Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 50 bis 55 85 bis 90	 W W
I_{akust}	2,4 bis 2,8	W/cm^2
$2\pi\, f_{max}\, L_{par}$ Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung ein- und doppelseitig	$n^2 \cdot 0{,}011$	Ω
R_{par} Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 $n^2 \cdot 0{,}008$ $n^2 \cdot 0{,}014$	 Ω Ω
Q_W Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 16 bis 35 9 bis 20	
Q_V ein Ende in Wasser getaucht	 25 bis 50	
Gewicht	ca. 260	g

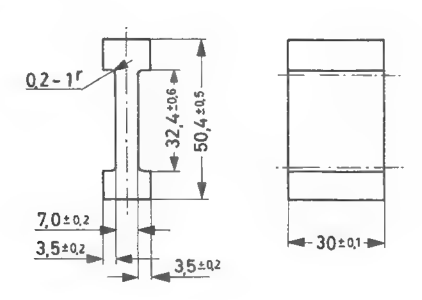
Rechteckige Scheibe aus FXD 250K

Abmessungen	Typ
40 mm x 16,6 mm x 2 mm	K6 100 00, magnetisiert

Ultraschallschwinger aus FXC 7A 2

K5 550 21





f^H	40,9 bis 41,7	kHz
$f^B = f_{max}$	41,8 bis 42,4	kHz
k'_{opt}	0,18 bis 0,23	
$\oint H_{opt}\,ds$	80 bis 125	Aw
η_{ea} vollständig untergetaucht ein Ende eingetaucht	 ≥0,70 ≥0,80	
N_{max} Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 30 bis 35 55 bis 60	 W W
I_{akust}	2,7 bis 3,2	W/cm^2
$2\pi\, f_{max}\, L_{par}$ Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung ein- und doppelseitig	$n^2 \cdot 0{,}021$	Ω
R_{par} Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 $n^2 \cdot 0{,}014$ $n^2 \cdot 0{,}018$	 Ω Ω
Q_W Schwinger untergetaucht in Wasser Belastung einseitig Belastung doppelseitig	 16 bis 35 9 bis 20	
Q_V ein Ende in Wasser getaucht	 25 bis 50	
Gewicht	ca. 80	g

Rechteckige Scheibe aus FXD 250K

Abmessungen	Typ
30 mm x 9 mm x 2 mm	K6 176 00, magnetisiert



Ultraschallschwinger aus FXC 7A2

Doppelschwinger
K3 040 00, K3 040 05

Sollen mehrere Einzel-Ultraschallschwinger von einem Generator gespeist werden, so muß die Resonanzfrequenz dieser Schwinger möglichst übereinstimmen, damit eine gleichmäßige Energieaufteilung auf alle Einzelschwinger gewährleistet ist.

Es muß also bei Verwendung mehrerer Schwinger eine Ermittlung der Resonanzfrequenz der einzelnen Schwinger durchgeführt werden, um jeweils die Schwinger mit gleicher Resonanzfrequenz für den Zusammenbau zu sortieren. Um Schwierigkeiten bei der Verklebung zu vermeiden und um reproduzierbare Eigenschaften zu gewährleisten, werden jetzt geklebte und auf Resonanz geprüfte Doppelschwinger geliefert.

Für den größeren Typ der Doppelschwinger K3 040 00 (bestehend aus den Einzelschwingern K5 550 16) liegt der Bereich der Resonanzfrequenz zwischen 22,0 und 22,7 kHz, für den kleineren Typ K3 040 05 (bestehend aus den Einzelschwingern K5 550 21) zwischen 41,2 und 42,2 kHz.

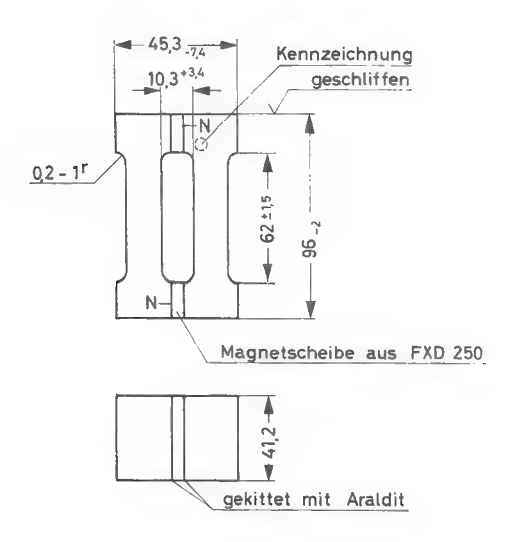
Alle Doppelschwinger, die in die gleiche Resonanzgruppe fallen, sind durch Buchstaben von a bis e gekennzeichnet. Die Polarität der Vormagnetisierung ist durch den Buchstaben „N" neben dem Nordpol einer Magnetplatte gekennzeichnet.

Weitere Angaben der Doppelschwinger sind den nachfolgenden Datenblättern zu entnehmen.

Ultraschallschwinger aus FXC 7A2

Doppelschwinger K3 040 00





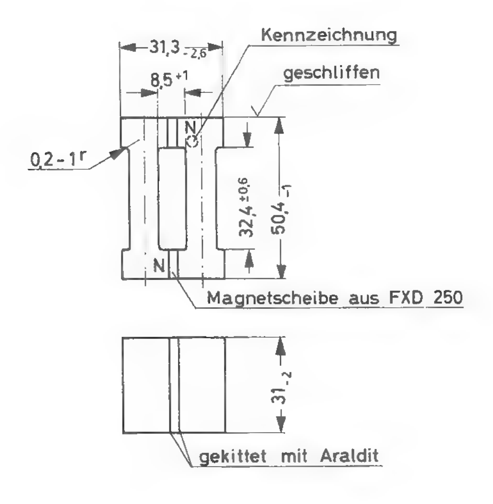
	Resonanzgruppe	Kennzeichnung (rechts von einem Nordpol)
f^B	22,0...22,1 kHz	a
	22,1...22,2 kHz	b
	22,2...22,3 kHz	c
	22,3...22,4 kHz	d
	22,4...22,5 kHz	e
	22,5...22,6 kHz	f
	22,6...22,7 kHz	g
k'_{opt}	0,17 bis 0,23	
Gewicht	ca. 530 g	
Mechanischer Qualitätsfaktor Q_{mech}	$\geq$1000	

Weitere technische Angaben können dem Datenblatt der Einzelschwinger K5 550 16 entnommen werden.



Ultraschallschwinger aus FXC 7A2

Doppelschwinger K3 040 05



	Resonanzgruppe	Kennzeichnung (rechts von einem Nordpol)
f^B	41,2...41,4 kHz	a
	41,4...41,6 kHz	b
	41,6...41,8 kHz	c
	41,8...42,0 kHz	d
	42,0...42,2 kHz	e
k'_{opt}	0,17 bis 0,23	
Gewicht	ca. 160 g	
Mechanischer Qualitätsfaktor Q_{mech}	$\geq$1000	

Weitere technische Angaben können dem Datenblatt der Einzelschwinger K5 550 21 entnommen werden.





Permanentmagnete

ALLGEMEINES

Ferroxdure-Magnete





Das VALVO-Lieferprogramm für Permanentmagnete umfaßt drei Gruppen unter folgenden Namen:

1. RECO isotrope AlNiCo-Werkstoffe
2. TICONAL anisotrope AlNiCo-Werkstoffe
3. FERROXDURE isotroper Bariumferrit-Werkstoff
   anisotrope Bariumferrit-Werkstoffe

Nachfolgend sind die zum Verständnis notwendigen Begriffe der Permanentmagnettechnik erklärt. Die magnetischen Größen werden in Einheiten des praktisch-technischen Maßsystems (V, A, s, cm) oder im Gaußschen Maßsystem (G, Oe) angegeben.

Hystereseschleife

Sie stellt die Beziehung zwischen Induktion B und Feldstärke H im geschlossenen magnetischen Kreis dar, wenn man die Schleife durchläuft, wie im untenstehenden Bild angegeben.

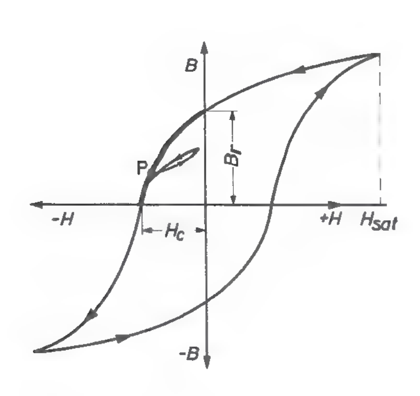


Bild 1 Hystereseschleife eines Permanentmagnetwerkstoffes

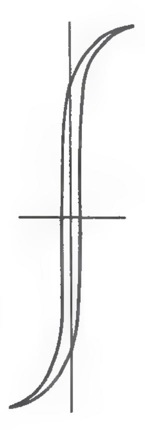


Bild 2 Hystereseschleife für weichmagnetischen Werkstoff



Dauermagnete haben breite Schleifen mit hoher Koerzitivfeldstärke H_c, magnetisch weiche Werkstoffe zeichnen sich dagegen durch schmale Schleifen aus.

Entmagnetisierungskurve

Dauermagnete werden im allgemeinen nur im zweiten Quadranten der Hystereseschleife betrieben (im Bild stark ausgezogen). Dieser Teil ist die Entmagnetisierungskurve.

Remanenz B_r

Dieses ist die in einem magnetisch geschlossenem Kreis verbleibende Induktion eines Magneten, wenn nach Durchlaufen des Sättigungszustandes die Feldstärke auf Null zurückgeht.

Die Maßeinheiten für die Induktion sind Vs/cm^2 oder Gauß.

$$1\ Vs/cm^2 = 10^8\ \text{Gauß}$$
$$1\ \text{Gauß} = 10^{-8}\ Vs/cm^2$$

Koerzitivfeldstärke H_c

Dieses ist die magnetische Feldstärke, bei der die Induktion eines Magneten, der vorher bis zur Sättigung magnetisiert war, Null wird.
Die Maßeinheiten für die Feldstärke sind A/cm oder Oersted

$$1\ A/cm = 1{,}26\ \text{Oersted}$$
$$1\ \text{Oersted} = 0{,}8\ A/cm$$

Gütezahl $(B \cdot H)_{max}$

Dieses ist der maximale Energieinhalt des magnetischen Feldes pro Volumeneinheit im Bereich der Entmagnetisierungskurve.
Der magnetische Energieinhalt ändert sich hier in Abhängigkeit von der Feldstärke von Null über einen Höchstwert wieder auf Null

Die Einheiten für die Gütezahl sind mWs/cm^3 oder Gauß·Oersted.

$$1\ mWs/cm^3 = 1{,}26 \cdot 10^5\ \text{Gauß} \cdot \text{Oersted}$$
$$1\ \text{Gauß} \cdot \text{Oersted} = 8 \cdot 10^{-6}\ mWs/cm^3$$

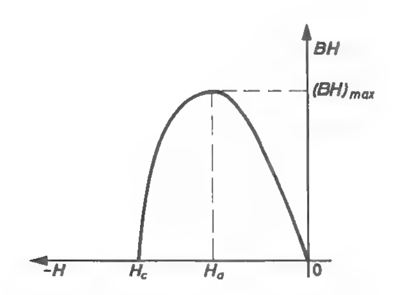


Bild 3 Magnetische Energie (B·H) in Abhängigkeit von der Feldstärke im Bereich der Entmagnetisierungskurve

Sättigungsfeldstärke H_{sat}

Diese ist die Mindestfeldstärke, die aufgebracht werden muß, um in das Gebiet der Sättigung zu kommen.

Hier gilt $$\frac{1}{\mu_o}\ \frac{dB}{dH} = 1 \qquad \text{für } H \geqq H_{sat}$$

Sättigungsinduktion B_{sat}

Diese ist der zu H_{sat} gehörige Induktionswert.

Permanenz

Wird die Hystereseschleife bei der Magnetisierung nicht bis zur Sättigungsfeldstärke H_{sat} ausgefahren, so bleibt bei der Feldstärke Null eine Permanenz (Abschn. auf der B-Achse, Bild 1) zurück, die kleiner ist als B_r.

Permeabilität

Absolute Permeabilität des leeren Raumes (Induktionskonstante):

$$\mu_o = 0{,}4\ \pi\ 10^{-8}\ \text{Vs/A cm}$$

Relative Permeabilität: $\mu_r = \frac{1}{\mu_o}\ \frac{B}{H}$

Reversible Permeabilität:

Bei wiederholten sehr kleinen Feldstärkeänderungen äußert sich die Hysterese nur durch das Erscheinen sehr kleiner flacher Schleifen. Hin-



und Rückgang werden reversibel. Man bezeichnet deshalb als reversible Permeabilität.

$$\mu_{rev} = \frac{1}{\mu_o} \quad \frac{\Delta B}{\Delta H} \qquad (\Delta H \rightarrow 0)$$

Temperaturkoeffizient

Zur Kennzeichnung des Temperaturverhaltens eines Dauermagnetwerkstoffes wird der Temperaturkoeffizient der Remanenz bzw. der Koerzitivfeldstärke in Prozent pro Grad angegeben.

$$TK_{B_r} = \frac{1}{B_r} \quad \frac{dB_r}{dt} \cdot 100\ \%$$

$$TK_{H_c} = \frac{1}{H_c} \quad \frac{dH_c}{dt} \quad 100\ \%$$

Curie- und Umwandlungstemperatur

Bei der Curietemperatur wird das Material praktisch völlig unmagnetisch und kann nur durch erneutes Magnetisieren wieder magnetisch werden. Bei der Umwandlungstemperatur ändert sich das Kristallgefüge (z.B. Ausscheidung von Mischkristallen), was ebenfalls zu irreversiblen Änderungen der Magnetisierung führt, die jedoch auch durch erneutes Magnetisieren nicht wieder aufgehoben werden können. Die Grenze für den praktischen Einsatz der Dauermagnetwerkstoffe ist durch die jeweils niedrigere dieser beiden Temperaturen gegeben.

Streuung, Streufaktor

Der Gesamtfluß Φ_G in einem magnetischen Kreis setzt sich aus dem Nutzfluß Φ_N und dem Streufluß Φ_S zusammen. Eine gewisse Streuung läßt sich nie ganz vermeiden, sie wird besonders beim magnetischen Kreis mit großem Luftspalt recht beachtlich. Die Streuung wird bei der Berechnung eines Magneten durch den Streufaktor

$$\sigma = \frac{\Phi_G}{\Phi_N} = \frac{\Phi_N + \Phi_S}{\Phi_N}$$

berücksichtigt. +)

+) siehe VALVO-Bericht Band VII, Heft 5, Seite 131-158, Dez. 1961 „Berechnung von Dauermagneten unter besonderer Berücksichtigung des Streufaktors" von J. Koch

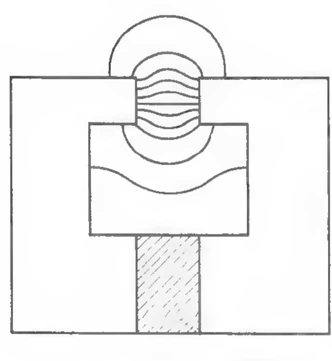


Bild 4 Streuung in einem einfachen Magnetsystem

Arbeitspunkt, Arbeitsgerade

Liegen die Abmessungen eines Magneten und seines Luftspaltes vor, so ist damit der Arbeitspunkt auf der Entmagnetisierungskennlinie festgelegt. Die Verbindungslinie vom Nullpunkt zum Arbeitspunkt P_1 im B=f(H)-Diagramm (Bild 5) wird als Arbeitsgerade (I) bezeichnet. Sie ist durch die Gleichung

$$B_1 = - \mu_0 H_1 \cot \alpha$$

gegeben. Bei Änderung der Magnet- oder Luftspaltabmessungen ändert sich ihr Neigungswinkel α. Das Magnetmaterial wird optimal ausgenutzt, wenn der Arbeitspunkt im $(BH)_{max}$-Punkt liegt.

Veränderlicher Arbeitspunkt

Durch Veränderung der Luftspaltabmessungen oder durch das Auftreten zusätzlicher magnetischer Felder wandert der Arbeitspunkt auf der Entmagnetisierungskennlinie, z.B. von P_1 nach P_2. Das bedeutet eine Änderung der Neigung (II) bzw. eine Parallelverschiebung (III) der Arbeitsgeraden.

Wird die Änderung wieder rückgängig gemacht, so geht der Arbeitspunkt nicht auf der ursprünglichen Entmagnetisierungskurve zurück, sondern auf einer tiefer verlaufenden Linie; der neue Arbeitspunkt liegt dann auf dem Schnittpunkt P_3 dieser Linie mit der alten Arbeitsgeraden. So lange die



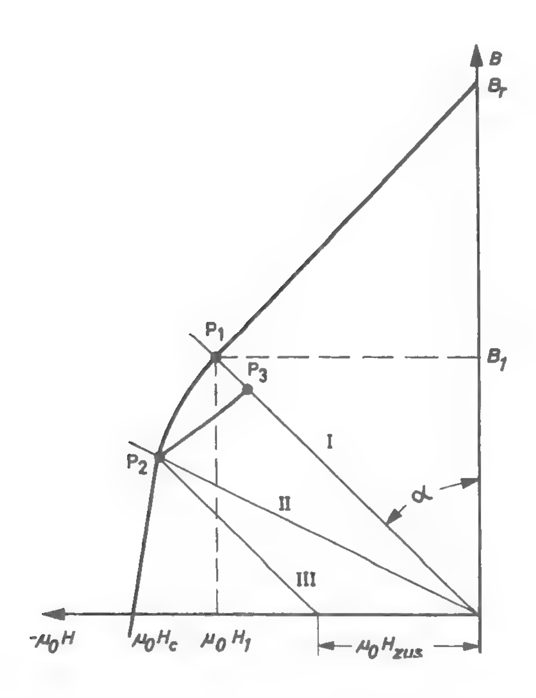


Bild 5 Entmagnetisierungskurve und Arbeitsgerade

Änderung von P_1 nach P_2 sich im geraden Teil der Entmagnetisierungskurve hält, weicht jedoch der Arbeitspunkt P_3 praktisch nicht von P_1 ab.

Es ist daher manchmal notwendig, die Arbeitsgerade nicht durch den $(BH)_{max}$-Punkt zu legen, sondern den Winkel α kleiner zu wählen, um bei solchen Änderungen immer im geradlinigen Bereich zu bleiben. Bei Dauermagneten, die außerhalb ihres Systems magnetisiert oder die für einige Zeit aus ihrem System herausgenommen werden, muß man untersuchen, ob der sich dadurch neu einstellende Arbeitspunkt immer noch auf dem geraden Teil der Entmagnetisierungskennlinie liegt, da sonst beim Einbau der ursprüngliche Wert nicht mehr erreicht wird.

Hierauf ist bei Einbau von Dauermagneten unbedingt zu achten!

Auch durch Temperaturänderungen unterhalb der Curie- und Umwandlungstemperatur treten Induktionsänderungen auf, die durch den Temperaturkoeffizienten gegeben sind. Diese Änderung der Induktion mit der Temperatur ist nur in einem mehr oder weniger kleinen Bereich reversibel. Auch hier ist es deshalb oft zweckmäßig, die Lage der Arbeitsgeraden nicht durch den $(BH)_{max}$-Punkt zu legen, d.h. den Winkel α nicht zu groß zu wählen.

Prüfung

Die Prüfung eines Magneten erfolgt am besten durch Messung der Eigenschaften unter den gleichen Bedingungen wie im praktischen Einsatz. Die Prüfbedingungen sollten in einer Übereinkunft zwischen dem Hersteller und dem Abnehmer festgelegt werden. Häufig genügt es, zur Messung von Fluß, Anzugskraft usw. ein dem magnetischen Kreis angeglichenes vereinfachtes Modell zu benutzen.



FERROXDURE-Magnete aus dem isotropen Werkstoff FERROXDURE 100 können wegen des großen gradlinigen Bereiches ihrer Entmagnetisierungskurve noch bis in das Gebiet um B = 0 entmagnetisiert werden, ohne daß nach Wiederaufhebung des entmagnetisierenden Einflusses eine merkliche Verschiebung des Arbeitspunktes zu beobachten ist.

Magnete aus FERROXDURE 100 können deshalb stets außerhalb ihres Systems magnetisiert werden. Sie können die verschiedenartigsten Magnetisierungen erhalten. Zur eindeutigen Kennzeichnung der Magnetisierungsart können die nachfolgenden Skizzen und Bezeichnungen verwendet werden.

In Sonderfällen werden zur Kennzeichnung der Pole Farbtupfen angebracht:

Südpol	gelb
Nordpol	rot
Neutrale Seite	weiß

Reicht die durch Farbtupfen erreichbare Genauigkeit der Kennzeichnung der Pollage nicht aus, so kann eine Kerbe mit eingepreßt werden.

Magnete aus den anisotropen Werkstoffen FERROXDURE 250 K und FERROXDURE 300 R werden im allgemeinen erst nach ihrem Einbau in das Magnetsystem magnetisiert, da sie infolge des kürzeren gradlinigen Bereiches ihrer Entmagnetisierungskurve nicht so weitgehend entmagnetisiert werden dürfen wie Magnete aus FERROXDURE 100. Im gradlinigen Bereich sind sie jedoch gegen entmagnetisierende Felder unempfindlicher als die meisten Stahlmagnete.

Für sämtliche FERROXDURE-Magnete beträgt die Feldstärke für die Sättigungsmagnetisierung etwa 11200 A/cm (14000 Oe); mit 8800 A/cm (11000 Oe) erreicht man etwa 98 % der Remanenz.





Skizze mit Polanordnung	Kennzeichnung
S N	axial
S N N S; S N N S S N	6-polig axial
b N l; d S N	⊥ auf Fläche l . b
N N S S S S N N; N N N N S S S S N N N N	radial (Südpol innen)





Permanentmagnete
Magnetisierungsarten

Skizze mit Polanordnung	Kennzeichnung
	diametral
	6-polig lateral auf einer Stirnfläche
	4-polig lateral auf dem Umfang
	6-polig innen-lateral



Skizze mit Polanordnung	Kennzeichnung
N S N / N S N; N N N N N N N N	3-polig lateral auf dem Umfang mit ringförmigen Polen
S N S; S S S S N S S S S	2-polig lateral auf einer Stirnseite mit ringförmigen Polen
N S N S N S; N N N / S S S / N N N / S S S / N N N / S S S; l; b	6-polig lateral auf Fläche l • b (Trennungslinie zwischen den Polen parallel zur Seite b

RECO und TICONAL

Stahllegierungsmagnete werden im allgemeinen unmagnetisiert geliefert. Zur Magnetisierung werden Feldstärken bis etwa 2400 A/cm (3000 Oe) benötigt.

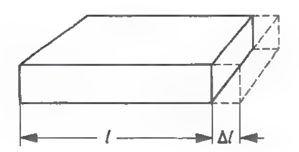
Ferrite werden bei ihrer Herstellung unter hohem Druck in Matrizen gepreßt (Trockenpreßverfahren) oder aus Düsen gedrückt (Strangpreßverfahren) und anschließend gesintert. Bedingt durch diese Arbeitsgänge sollte man einfachen Bauformen den Vorzug geben, denn die Formabweichungen, bedingt durch die Sinterschwindung sind hierbei am geringsten. Keramische Bauteile können außer linearen Maßabweichungen z.B. auch schwach durchgebogene oder verwundene Flächen haben. Ferner haben Ovalität, Exzentrizität und Konizität Durchmesser- und Wandstärkeabweichungen zur Folge. Ringe mit geschliffenem Außendurchmesser können infolge Winkelabweichungen den sogenannten Winkelschlag aufweisen. Für alle diese Maßabweichungen empfiehlt ISO nachstehende Symbole:

Symbol	Bedeutung
—	Toleranz der Durchbiegung oder Krümmung
▱	Toleranz der Ebenheit
○	Toleranz der Rundheit
⌭	Toleranz der Zylindrizität
⌒	Toleranz der Profilgenauigkeit
⌓	Toleranz der Oberflächengenauigkeit
//	Toleranz der Parallelität
⊥	Toleranz der Rechtwinkligkeit
∠	Toleranz der Winkligkeit
⌖	Toleranz der Lage
◎	Toleranz der Konzentrizität
⌯	Toleranz der Symmetrie
$^{80}\surd$	Oberflächenrauheit in ru ($\frac{ru}{40} = \mu$; $^{80}\surd = 2\ \mu$)

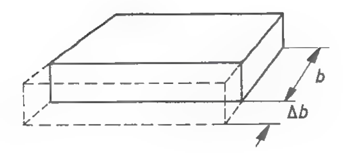
Hier wird unterschieden:
keramisch roh
normal geschliffen
fein geschliffen

In der folgenden Aufstellung sind einige durch Formgebung, Sinterschwindung und mechanische Bearbeitung auftretenden Form- und Maßabweichungen aufgeführt. Im Interesse einer rationellen und preisgünstigen Fertigung ist es erstrebenswert, die Toleranzen so wenig wie möglich einzuengen und damit zusätzliche Arbeitsgänge zu vermeiden.

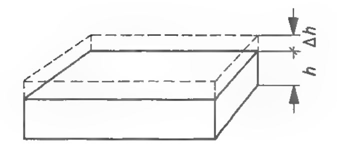




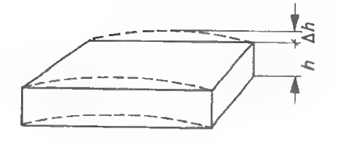
Δl
Längentoleranz



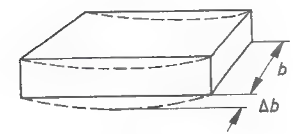
Δb
Breitentoleranz



Δh
Höhentoleranz

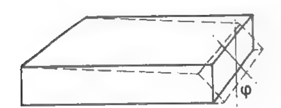


Δh
Krümmung



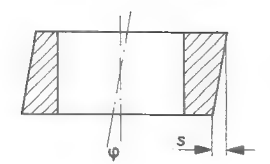
Δb
Krümmung



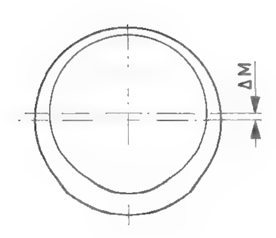


φ

Verwindung bei langen Stäben

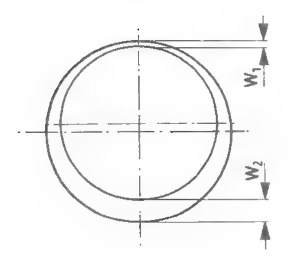


Winkelschlag durch Winkelabweichung bei geschliffenem Außendurchmesser



ΔM

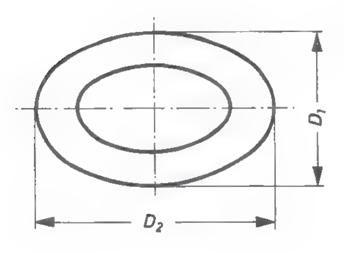
Exzentrizität bei geschliffenem Außendurchmesser



$\Delta W = W_2 - W_1$

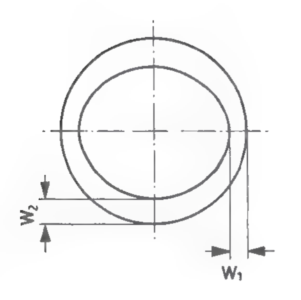
Wandstärkenunterschied bei Exzentrizität und geschliffenem Außendurchmesser





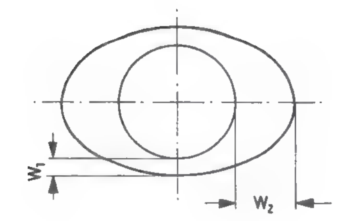
$$\Delta D = \frac{D_2 - D_1}{2}$$

Durchmesserabweichung durch Ovalität



$\Delta W = W_2 - W_1$

Wandstärkenunterschied bei Ovalität und bei geschliffenem Außendurchmesser



$\Delta W = W_2 - W_1$

Wandstärkenunterschied bei Ovalität und bei geschliffenem Innendurchmesser

RECO und TICONAL

Die Formgebung bei Stahlmagnetlegierungen ist durch die Gießtechnik bestimmt; die hier maßgeblichen Gesichtspunkte können als bekannt vorausgesetzt werden.

Erwähnt sei jedoch, daß Stahllegierungsmagnete schwach durchgebogene oder verwundene Flächen, leicht exzentrische oder konische Bohrungen aufweisen können und nicht völlig rechtwinklig ausfallen. Spezielle Anforderungen hinsichtlich der Formtreue müssen daher besonders vereinbart werden.



Oxydmagnete werden aus feingemahlenem Eisenoxyd und Bariumoxyd durch Pressen mit Druckkräften von mehreren Tonnen und anschließendem Sintern bei 1200 bis 1300 °C hergestellt.

FERROXDURE wird beispielsweise für Kleinmotoren, Fahrraddynamos, Haftmagnete, permanentmagnetische Kupplungen, magnetische Filter und Spielzeug eingesetzt. FERROXDURE 300 verwendet man besonders für Lautsprecher- und Schwungradzündermagnete.

Unter der Voraussetzung, daß die Fertigung in großen Stückzahlen erfolgt, lassen sich die Preise trotz des evtl. größeren Magnetvolumens günstig gestalten, da Oxydmagnete keine seltenen Metalle wie Kobalt oder Nickel, sondern nur billige Rohstoffe enthalten.

Der keramische Magnetwerkstoff FERROXDURE ist in fünf Qualitäten lieferbar:

FERROXDURE 100

Bei diesem Werkstoff sind die einzelnen Kristalle regellos angeordnet. FERROXDURE 100 besitzt keine magnetische Vorzugsrichtung, der Werkstoff ist magnetisch isotrop.

FERROXDURE 250 K, 300 R, 330 K und 360 R

Bei diesen Werkstoffen werden die Kristalle vor dem Sintern in einem starken Magnetfeld ausgerichtet; alle hexagonalen Kristallachsen zeigen in eine Richtung und bilden so eine magnetische Vorzugsrichtung; die Werkstoffe sind magnetisch anisotrop. In der Vorzugsrichtung werden erheblich verbesserte Eigenschaften erreicht.

FERROXDURE 250 K hat eine besonders hohe Koerzitivfeldstärke, während FERROXDURE 300 R eine für keramische Werkstoffe hohe Remanenz aufweist.

Diese Werkstoffe werden von den neueren Werkstoffen FERROXDURE 330 K und 360 R im $(BH)_{max}$-Wert übertroffen, wie auch in B_r und H_c des entsprechenden Werkstoffes.

FERROXDURE mit seiner hohen Koerzitivfeldstärke und relativ niedrigen Remanenz führt bei geeigneter Wahl des Arbeitspunktes im allgemeinen zu Konstruktionen kleinerer Länge und größerem Querschnitt als bei Metallmagneten.

Infolge der kleinen Magnetlänge und der Unempfindlichkeit gegen entmagnetisierende Felder ist FERROXDURE 100 auch für mehrpolige Magnete gut geeignet. Magnete aus FERROXDURE 100 kann man vor dem endgültigen Einbau magnetisieren.

Aufgrund ihres sehr hohen elektrischen Widerstandes (10^{12} mal größer als bei Stahlmagneten) ist der Einsatz der FERROXDUREmagnete auch in hochfrequenten Feldern möglich. Der Temperaturkoeffizient der Induktion ist etwa 10 mal so groß wie bei den Stahllegierungen. Dementsprechend ist eine TK-Kompensation wesentlich schwieriger. FERROXDUREmagnete können aber bis zu Temperaturen von 400 °C eingesetzt werden, ohne daß die magnetischen Werte auch bei lang andauernder Erwärmung einer zeitlichen Alterung unterworfen sind.



Temperaturverhalten

Bei FERROXDURE 100 ist der Temperatureinfluß praktisch reversibel, solange die Temperatur unterhalb des Curiepunktes bleibt. Die Daten des Arbeitspunktes werden also nach zeitweiliger Erwärmung oder Abkühlung bis auf Abweichungen von 1-2 % wieder erreicht, ohne daß eine Wiederaufmagnetisierung erforderlich wäre.

Für FERROXDURE 250 K, 300 R, 330 K und 360 R gilt das gleiche, solange der Arbeitspunkt bei einer etwaigen Abkühlung, die infolge der Zunahme an Remanenz und der Abnahme an Koerzitivfeldstärke eine Verschiebung des Knies der Entmagnetisierungskurve bewirkt, nicht unter diesen neuen Knick kommt. Andernfalls stellt sich ein niedrigerer Arbeitspunkt nach der Wiedererwärmung auf die Ausgangstemperatur ein.

Verkleben von FERROXDURE-Magneten

Um sehr große Magnete herzustellen, kann man einzelne FERROXDURE-Teile miteinander verkitten. FERROXDURE-Teile können auch mit Metallarmaturen verklebt werden. Dabei ist zu beachten, daß keramische Materialien einen beträchtlich kleineren thermischen Ausdehnungskoeffizienten haben als die meisten Metalle.

Der Ausdehnungskoeffizient beträgt bei

FERROXDURE	$8{,}5 \cdot 10^{-6}$/grd
Stahl	11 bis $20 \cdot 10^{-6}$/grd
Messing	$18 \cdot 10^{-6}$/grd

Bei einer sehr starren Verbindung können die unvermeidlich auftretenden Wärmespannungen sehr leicht das FERROXDURE-Kristallgefüge beschädigen und u.U. einen Bruch verursachen. Besonders bei Verklebungen mit einigen Epoxydharzen wurde Rißbildung beobachtet.

Im allgemeinen genügt eine weniger starre, mäßig feste, dafür aber elastische Klebverbindung. Sie wird häufig unterstützt durch die magnetischen Haftkräfte. Gute Erfahrungen liegen mit Klebern auf Neoprenbasis vor.



Mechanische und elektrische Eigenschaften

In seinen mechanischen Eigenschaften ist Ferroxdure anderen keramischen Werkstoffen ähnlich, es ist hart und spröde und kann nur durch Schleifen mit geeigneten Siliziumcarbid- oder Diamantscheiben bearbeitet werden. Beim Schleifen sollte man auf reichlichen Kühlmittelzufluß achten, um Sprünge durch lokale Überhitzung zu vermeiden.

Ferroxdure ist als keramischer Werkstoff chemisch sehr beständig. Seine Widerstandsfähigkeit gegen den Angriff verschiedener Chemikalien wird durch nachfolgende Aufstellung gekennzeichnet:

Ferroxdure wird nicht angegriffen durch

- 30 % Kochsalzlösung
- 50 % Benzol-Trichloräthylen-Gemisch
- Benzin
- Salpetersäure
- 50 % verdünnte Salpetersäure
- Essigsäure
- Kresol
- Phenolische Lösungen
- Natriumsulfatlösung

wird wenig angegriffen durch

- Verdünnte Schwefelsäure
- 50 % verdünnte Salzsäure

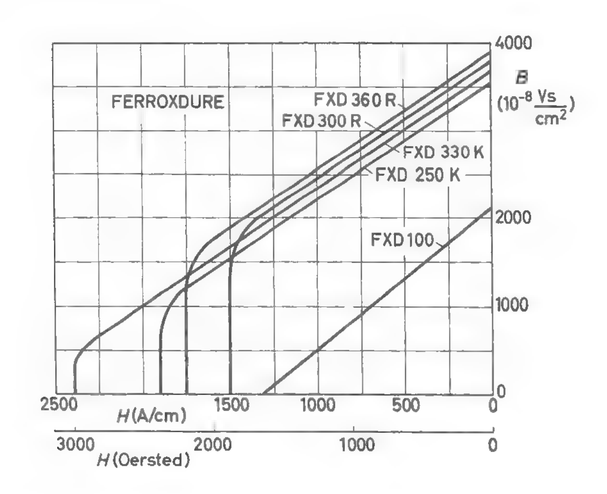
wird ziemlich stark angegriffen durch

- konzentrierte Salzsäure

Spezifisches Gewicht	4,8 bis 5 g/cm^3
Elastizitätsmodul	15000 kp/mm^2
Zugfestigkeit	5 kp/mm^2
Druckfestigkeit	70 kp/mm^2
Mohshärte	6 – 7
Thermische Leitfähigkeit	$14 \cdot 10^{-3}$ cal/(s cm °C)
Linearer Ausdehnungskoeffizient (zwischen 20 und 300 °C)	$8{,}5 \cdot 10^{-6}$/°C

Die hier angegebenen Werte gelten für FERROXDURE 100; FERROXDURE 250 K, 300 R, 330 K und 360 R unterscheiden sich nur geringfügig davon.





Entmagnetisierungskurven des isotropen keramischen Magnetwerkstoffes FERROXDURE 100 und der anisotropen keramischen Materialien FERROXDURE 250 K, 300 R, 330 K und 360 R, letztere in Vorzugsrichtung gemessen.

Typ		FERROXDURE 100 isotrop	FERROXDURE 250 K anisotrop
Remanenz B_r	Gauß oder 10^{-8} Vs/cm²	min. 2000 i. Mittel 2100	min. 3400⁺ i. Mittel 3550
Koerzitivfeldstärke H_c	Oersted	min. 1600 i. Mittel 1650	min. 2200⁺ i. Mittel 2300
	A/cm	min. 1200 i. Mittel 1360⁺	min. 1760 i. Mittel 1920
$(BH)_{max}$	10^6 GOe	min. 0,85 i. Mittel 0,9	min. 2,5 i. Mittel 3,0
	mWs/cm³	min. 6,4 i. Mittel 7,2	min. 20 i. Mittel 21,6
Reversible Permeabilität μ_{rev}		~1,2	~1
B_{sat}⁺⁺	Gauß	~16000	~18500
H_{sat}	Oersted	~12000	~14000
Spezifischer elektr. Widerstand	Ω · cm	>10^6	~10^8
Curiepunkt	grd	~450	~450
Temperaturkoeffizient der Remanenz TK_{Br}	10^{-2}/grd	-0,2	-0,2



Typ		FERROXDURE 300 R anisotrop	FERROXDURE 330 K anisotrop	FERROXDURE 360 R anisotrop
Remanenz B_r	Gauß oder 10^{-8} Vs/cm^2	min. 3700+ i. Mittel 3850	min. 3600 i. Mittel 3700	min. 3800 i. Mittel 3900
Koerzitivfeldstärke H_c	Oersted	min. 1600+ i. Mittel 1900	min. 2800 i. Mittel 3000	min. 2000 i. Mittel 2200
	A/cm	min. 1280 i. Mittel 1520	min. 2220 i. Mittel 2480	min. 1590 i. Mittel 1750
$(BH)_{max}$	10^6 GOe	min. 3 i. Mittel 3,2	i. Mittel 3,3	i. Mittel 3,6
	mWs/cm^3	min. 24 i. Mittel 25,6	i. Mittel 26,4	i. Mittel 28,8
Reversible Permeabilität μ_{rev}		~1	~1	~1
B_{sat} ++	Gauß	~18500	~18500	~18500
H_{sat}	Oersted	~14000	~14000	~14000
Spezifischer elektr. Widerstand	Ω . cm	~10^8	~10^8	~10^8
Curiepunkt	grd	~450	~450	~450
Temperaturkoeffizient der Remanenz TK_{Br}	10^{-2}/grd	-0,2	-0,2	-0,2

Die angegebenen Werte gelten bei Raumtemperatur (20 °C)

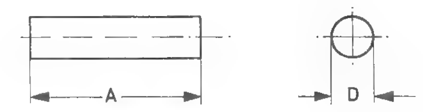
+) Die Streuungen der magnetischen Werte liegen im allgemeinen so, daß ein Magnet mit relativ hoher Remanenz eine relativ niedrige Koerzitivfeldstärke und umgekehrt hat.

++) Extremwerte; mit H_{sat} = 8800 A/cm (11000 Oe) erreicht man etwa 98 % der Remanenz.



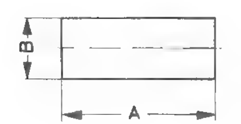
Vorzugsbauformen
für Magnete aus FXD 100

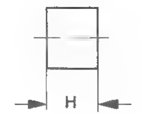
Runde Stäbe



D mm	A mm	Magnetisierung	Typ
4 ± 0,1	5 ± 0,2	diametral	VK 300 18
4 ± 0,1	10 ± 0,2	diametral	VK 300 13
4 ± 0,1	20 ± 0,2	diametral	VK 300 14
4 ± 0,1	30 ± 0,2	diametral	VK 300 15
5 ± 0,3	10 ± 0,5	axial	VK 300 03
5 ± 0,5	15 ± 0,5	axial	VK 300 19
5 ± 0,2	20 ± 0,5	axial	VK 300 00
5 ± 0,3	30 ± 0,8	axial	VK 300 02
5 ± 0,3	35 ± 0,8	axial	VK 300 12
5 - 0,4	39 - 1	axial	VK 300 25
9,5 ± 0,3	12 ± 0,3	diametral	VK 300 07

Rechteckige Stäbe





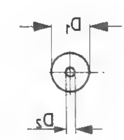
A mm	B mm	H mm	Magnetisierung	Typ
18 ± 1	7 ± 1	6 ± 1	2-pol. lat. auf 18 x 6	VK 303 01
41,3 ± 0,5	4,1 ± 0,1	4,1 ± 0,1	⊥ 41,3 x 4,1	VK 303 03
100 ± 2	4,1 ± 0,2	4,1 ± 0,2	⊥ 100 x 4,1	VK 303 05
140 ± 2	4,1 ± 0,2	4,1 ± 0,2	⊥ 140 x 4,1	VK 303 04

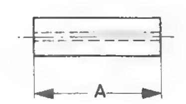


Vorzugsbauformen
für Magnete aus FXD 100



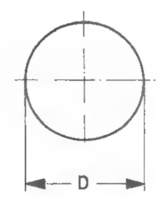
Rohre

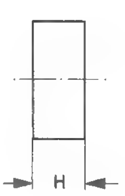




D_1 mm	D_2 mm	A mm	Magnetisierung	Typ
4,35 - 0,1	1 + 0,3	30 ± 0,5	3-polig lateral auf dem Umfang mit ringförmigen Polen, Nordpol in der Mitte	VK 330 00
4,35 - 0,1	1 + 0,3	15 ± 0,3		VK 330 02

Runde Scheiben



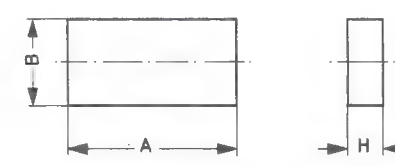


D mm	H mm	Magnetisierung	Typ
4 ± 0,2	3,5 ± 0,2	axial	VK 310 07
5,5 ± 0,3	5 ± 0,3	axial	VK 310 09
8 ± 0,3	3 ± 0,3	axial	VK 310 11
8 ± 0,5	5 ± 0,5	axial	VK 310 06
10 ± 0,3	2,5 ± 0,3	axial	VK 310 05
10 ± 0,5	5 ± 0,5	axial	VK 310 08
11 ± 1	2,8 ± 0,3	2-pol. lateral auf einer Stirnfläche	VK 310 02
12,5 ± 0,3	6 ± 0,3	axial	VK 310 10
14 ± 0,5	4 ± 0,5	axial	VK 310 12
14 ± 0,5	5 ± 0,3	axial	VK 310 13
14 ± 0,3	6 ± 0,5	axial	VK 310 04



D mm		H mm		Magnetisierung	Typ
14	± 0,3	10	± 0,5	axial	VK 310 27
20	± 0,35	5	± 0,3	axial	VK 310 17
25	± 0,5	5	± 0,4	axial	VK 310 18
30	+ 0,2 / - 0,7	5	± 0,3	axial	VK 310 26
32	- 1	5	± 0,3	4-pol. lat. auf 1 Stirnfl.	VK 310 35

Rechteckige Scheiben

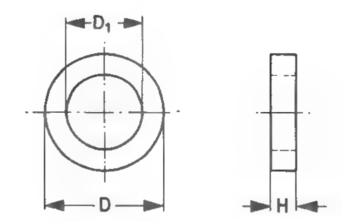


A mm		B mm		H mm		Magnetisierung	Typ
8	± 0,5	8	± 0,5	5	± 0,5	⊥ 8 x 8	VK 312 11
10	± 0,5	5	± 0,5	3	± 0,5	⊥ 10 x 5	VK 312 12
13,5	± 0,5	4,75	± 0,25	7,5	± 0,5	unmagnetisiert	VK 312 09
15	± 0,3	5	± 0,3	3	± 0,3	⊥ 15 x 15	VK 312 16
15	± 0,5	15	± 0,5	5	± 0,3	⊥ 15 x 15	VK 312 08
20	± 0,35	10	± 0,25	4	± 0,25	2-pol. lat. auf 20 x 10	VK 312 14
28	- 0,5	13	- 0,5	3,5	+ 0,5	⊥ 28 x 13	VK 312 13
36	- 1,2	15	± 0,3	4,5	± 0,4	4-pol. lat. auf 36 x 15	VK 312 19
40	± 1	25	± 0,75	10	± 0,1	⊥ 40 x 25	VK 312 10
40	± 1	17	± 0,4	4	± 0,1	⊥ 40 x 17	VK 312 04
50	± 0,7	10	± 0,4	3	+ 0,8	6-pol. lat. auf 50 x 10	VK 312 22
50	± 0,7	15	± 0,4	6	± 0,4	4-pol. lat. auf 50 x 15	VK 303 07
50	± 1,25	22	± 0,55	5	± 0,1	⊥ 50 x 22	VK 312 02
50	± 1,25	43	± 1,1	11	± 0,28	⊥ 50 x 43	VK 312 05
75	± 1,5	15	± 0,4	4	± 0,05	8-pol. lat. auf 75 x 15	VK 303 02
75	± 1,5	15	± 0,4	5	± 0,3	8-pol. lat. auf 75 x 15	VK 303 06
75	± 1,8	31,5	± 0,8	8	± 0,2	⊥ 75 x 31,5	VK 313 00





Ringe



D mm	D_1 mm	H mm	Magnetisierung	Typ
12 + 0,5	mit Vierkant-Innenloch 3,2 ± 0,5 3,2 ± 0,5	12 ± 0,5	diametral	VK 320 07
13 ± 0,3	5,3 ± 0,2	8 ± 0,3	radial (N aussen)	VK 320 13
13 ± 0,35	6 ± 0,3	4 ± 0,2	unmagnetisiert	VK 320 25
14 ± 0,5	1,5 ± 0,5	5 ± 0,5	axial	VK 320 16
14 ± 0,5	4 ± 0,25	4 ± 0,25	axial	VK 320 18
14 ± 0,4	5 ± 0,2	5 ± 0,3	4-pol. lat. auf einer Stirnfläche	VK 320 09
14 ± 0,5	9 ± 0,5	3 ± 0,5	axial	VK 320 24
15,6 ± 0,3	6,25 ± 0,2	3 - 0,1	axial	VK 320 03
18 ± 0,45	5 ± 0,2	5 ± 0,3	4-pol. lat. auf einer Stirnfläche	VK 320 08
19,8 + 0,05	9 ± 0,5	3 ± 0,1	unmagnetisiert	VK 320 20
19,8 + 0,05	9 ± 0,5	5 ± 0,05	unmagnetisiert	VK 320 23
19,8 + 0,05	14,5 ± 0,5	5 ± 0,05	unmagnetisiert	VK 320 40
19,8 + 0,05	9 ± 0,5	6 ± 0,05	unmagnetisiert	VK 320 29
20 + 0,05	13,85 - 0,1	10 ± 0,2	unmagnetisiert	VK 320 38
20 + 0,05	13,85 + 0,1	11,3 ± 0,2	unmagnetisiert	VK 320 36
20 + 0,05	13,85 - 0,1	16,3 ± 0,2	unmagnetisiert	VK 320 37
21,5 ± 0,05	12 ± 0,3	5,5 ± 0,3	8-pol. lat. auf dem Umfang	VK 321 21
21,55 ± 0,35	16,15 ± 0,3	13,2 ± 0,35	2-pol. innen lateral	VK 321 11
22 - 0,1	15,3 + 0,1	13 ± 0,5	2-pol. innen lat.	VK 321 31

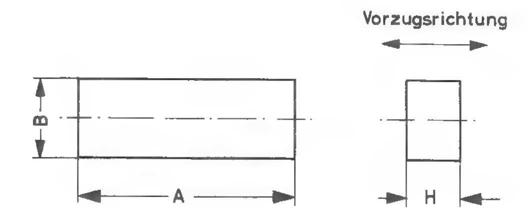


D mm		D_1 mm		H mm		Magnetisierung	Typ
22,2	± 0,35	15,6	± 0,3	13,2	± 0,35	2-pol. innen lateral	VK 321 14
23,9	± 0,3	17,9	± 0,3	16	± 0,4	unmagnetisiert	VK 321 22
24	± 0,5	17	± 0,5	3	± 0,5	axial	VK 321 07
23,9	- 0,05	10	± 0,5	21,25	± 0,45	unmagnetisiert	VK 375 10
24	- 0,04	12	± 0,3	12	± 0,4	16-pol. lat. auf dem Umfang	VK 321 30
25,5	± 0,4	19,9	± 0,3	10	± 0,3	2-pol. innen lateral	VK 321 12
29,2	± 0,8	18,1	± 0,6	20	± 0,1	2-pol. innen lateral	VK 321 29
29,9	- 0,05	10	± 0,3	5	- 0,1	4-pol. axial	VK 321 10
29,9	- 0,05	10	± 0,5	16	± 0,3	unmagnetisiert	VK 375 05
29,9	- 0,05	10	± 0,5	18,2	± 0,4	unmagnetisiert	VK 375 03
30,4	± 0,6	10	± 0,3	5	± 0,3	4-pol. lat. auf einer Stirnfläche	VK 321 04
31,9	± 0,1	10	± 0,5	9	+ 0,2	axial	VK 321 26
36	- 0,1	10	± 0,2	5	- 0,1	4-pol. axial	VK 321 18
37	± 0,8	25	± 0,5	3,5	± 0,5	axial	VK 321 06
37,95	+ 0,05	31	± 0,7	7	- 0,3	unmagnetisiert	VK 321 08
48	± 0,05	30	± 0,05	12	± 0,1	14-pol. lat. auf dem Umfang	VK 321 24
55	± 0,05	15	± 0,5	13	± 0,1	12-pol. innen lateral	VK 322 09
72	± 0,05	52	± 0,05	12	+ 0,1	14-pol. innen lateral	VK 322 07
78	± 1,5	45	± 1	14	± 0,1	axial	VK 322 05
78	± 1,5	58	± 0,05	13	± 0,1	12-pol. innen lateral	VK 322 08
86	+ 0,2	32 ±	± 0,5	23	± 0,1	8-pol. aussen lateral	VK 322 10
120	± 0,5	96	- 0,2	23	± 0,1	8-pol. innen lateral	VK 323 00



Vorzugsbauformen
für Magnete aus FXD 250 K und FXD 300 R

Rechteckige Scheiben



Werkstoff FXD 250 K

A mm	B mm	H mm	Ausführung	Typ
30 ± 0,8	9 ± 0,2	2 ± 0,1	unmagnetisiert	K6 176 00
40 ± 1	16,6 ± 0,3	2 ± 0,1	unmagnetisiert	K6 100 00
50 ± 1,3	19 ± 0,5	4,9 − 0,25	unmagnetisiert	K6 175 30
50 ± 1,3	19 ± 0,5	4,9 − 0,25	magnetisiert	K6 175 50
50 ± 1,3	19 ± 0,5	6,1 ± 0,1	unmagnetisiert	K6 175 70
50 ± 1,3	19 ± 0,5	6,1 ± 0,1	magnetisiert	K6 175 80

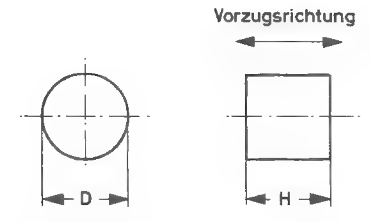
Werkstoff FXD 300 R

A mm	B mm	H mm	Ausführung	Typ
5 ± 0,2	5 ± 0,2	4 − 0,2	magnetisiert	K6 175 90
25,4 ± 0,4	8,9 ± 0,25	6,35 ± 0,35	unmagnetisiert	K6 175 60

Vorzugsbauformen
für Magnete aus FXD 250 K und FXD 300 R



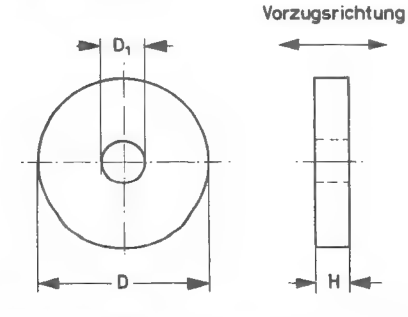
Runde Scheiben



Werkstoff FXD 250 K

D mm	H mm	Ausführung	Typ
10 ± 0,5	10 ± 0,2	magnetisiert	K6 038 00
10 ± 0,5	12 ± 0,2	magnetisiert	K6 038 10
40,6 ± 1	9 ± 0,1	unmagnetisiert	K6 112 65
45 ± 1,1	9 ± 0,1	unmagnetisiert	K6 075 00

Ringe



Werkstoff FXD 250 K

D mm	D_1 mm	H mm	Ausführung	Typ
30 ± 0,6	12,7 ± 0,5	6,35 ± 0,05	unmagnetisiert	K6 152 20
42 + 2,3	10 - 0,5	8 + 1,6	unmagnetisiert	K6 152 30

Werkstoff FXD 300 R

D mm	D_1 mm	H mm	Ausführung	Typ
20 ± 0,2	5,15 ± 0,15	4 ± 0,1	unmagnetisiert	K6 153 81



Die als Rotoren bezeichneten FERROXDURE-Bauteile finden Verwendung in

Fahrraddynamos
Synchronmotoren für Uhren
und Spielzeug

FERROXDURE-Rotoren können

unmagnetisiert
axial magnetisiert
mehrpolig am Umfang magnetisiert
(nur bei FERROXDURE 100)

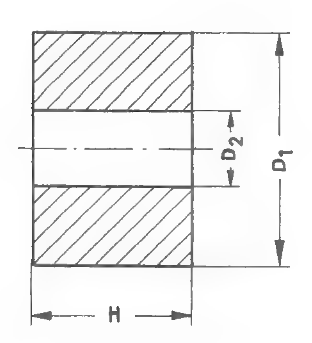
geliefert werden.

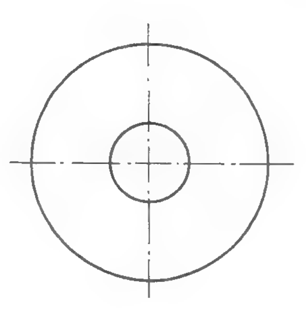
Mehrpolige Magnetisierung am Umfang des Rotors ermöglicht Polabstände bis herunter zu 3 bis 5 mm. Für kleinere Polabstände verwendet man auch axial magnetisierte Rotoren in Verbindung mit zahnradartigen Polschuhen.

Bei Bestellungen werden genaue Angaben über die Verwendung der Rotoren benötigt, damit die Abnahmebedingungen den späteren Arbeitsbedingungen angepaßt werden können.

Vor der Lieferung von Rotoren werden verbindliche Musterstücke mit den noch zulässigen Grenzeigenschaften ausgetauscht.







D1 mm		D2 mm		H mm		Magnetisier.	Typ
18	± 0,45	5	± 0,2	5	± 0,3		VK 320 12
19	+ 0,02 - 0,06	5	± 0,2	9,7	± 0,05	diametral	VK 320 30
19,6	- 0,05	8	± 0,3	22	± 0,5	unmagnetis.	VK 320 11
19,8	+ 0,05	9	± 0,5	6	± 0,05	unmagnetis.	VK 320 29
19,8	+ 0,05	9	± 0,5	5	± 0,05	unmagnetis.	VK 320 23
19,8	+ 0,05	9	± 0,5	3,1	- 0,2	unmagnetis.	VK 320 20
19,8	+ 0,05	9	± 0,5	3,1	- 0,2	24-pol. lat. a. d. Umfang	VK 320 21
19,8	+ 0,05	14,5	± 0,5	5	± 0,05	unmagnetis.	VK 320 40
21,5	± 0,05	12	± 0,3	5,5	± 0,3	8-pol. lat. a. d. Umfang	VK 321 21
24	- 0,04	12	± 0,3	12	± 0,4	16-pol. lat. a. d. Umfang	VK 321 30
25	- 0,05	8	± 0,5	17	± 0,2	6-pol. lat. a. d. Umfang	VK 321 19
37,95	+ 0,05	31	± 0,7	7	- 0,3	unmagnetis.	VK 321 08
37,95	+ 0,05	31	± 0,7	7	- 0,3	24-pol. lat. a. d. Umfang	VK 321 33
47,55	+ 0,05	31,6	± 0,8	8	- 0,3	unmagnetis.	VK 321 05
48	± 0,05	30	± 0,05	12	± 0,1	14-pol. lat. a. d. Umfang	VK 321 24

Rotoren für Fahrraddynamos

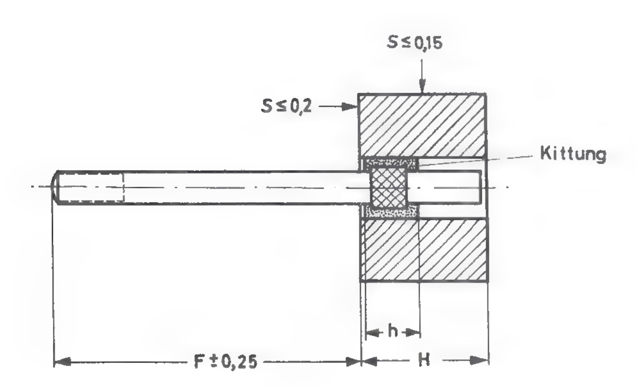
D1 mm		D2 mm		H mm		Magnetisier.	Typ
23,9	- 0,05	10	± 0,5	21,25	± 0,45	unmagnetis.	VK 375 10
29,9	- 0,05	10	± 0,5	16	± 0,3	unmagnetis.	VK 375 05
29,9	- 0,05	10	± 0,5	18,2	± 0,4	unmagnetis.	VK 375 03



Hinweise zur Befestigung von Wellen an FERROXDURE-Rotoren für Fahrraddynamos

Bei der Befestigung von Stahlwellen in FERROXDURE-Rotoren sind besondere Maßnahmen erforderlich, um Wärmespannungen aufgrund der unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der beiden Werkstoffe zu vermeiden.

Das Bild zeigt einen Querschnitt durch die fertige Anordnung.



Um eine völlig sichere Einkittung zu gewährleisten, soll die Welle mit einer Rändelung versehen sein. Diese Rändelung darf aber nur auf dem Teil der Welle angebracht werden, der durch die Maße F_{max} + 1 mm und F_{min} + 0,4 H_{min} begrenzt wird, wobei h $\geq$4 mm sein soll.

Die Größe S gibt den nach dem Einkitten maximalen Schlag beim Rotieren an. Der Durchmesser der Welle beträgt im allgemeinen 5 mm.



FERROXDURE-Synchronkupplungen werden als Stirnkupplungen (Bild 1a und 1b) oder als Zentralkupplungen (Bild 2) ausgeführt. Sie können Kräfte ohne Verwendung von Dichtungen oder Stopfbuchsen durch Wände hindurch übertragen. Es ist möglich, viele Magnetpole dicht nebeneinander anzuordnen, ohne daß, im Gegensatz zu Stahl, eine irreversible Entmagnetisierung auftritt. Gegenüber den mit Stahlmagneten ausgeführten Kupplungen bieten sie den Vorteil erheblich geringerer Kosten bei gesteigerter Leistungsfähigkeit.

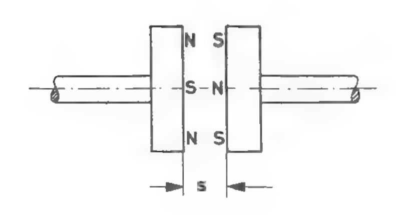


Bild 1a Prinzip der Stirnkupplung

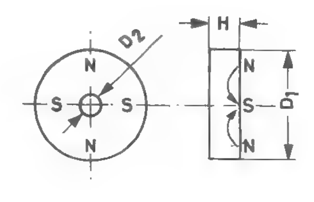
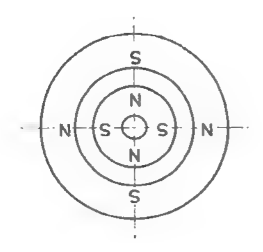


Bild 1b Magnetisierung der Stirnkupplung

Bild 1 zeigt eine derartige Synchronkupplung im Prinzip. Die beiden Ringmagnete sind, wie Bild 1b zeigt, n-polig lateral an der einen Fläche magnetisiert.



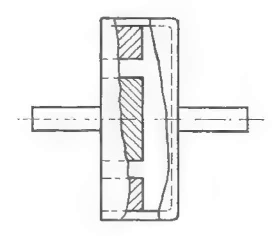


Bild 2 Prinzip der Zentralkupplung
(Der Außenring ist mehrpolig am inneren Umfang, der Innenring mehrpolig am äußeren Umfang magnetisiert).



Die Wirkung der Synchronkupplungen beruht auf der Anziehungskraft ungleichnamiger Magnetpole in tangentialer Richtung. Synchronkupplungen sind starre Kupplungen, d.h., die beiden Kupplungshälften besitzen gleiche Umdrehungszahl. Eine Verdrehung zwischen beiden Wellen ist abhängig von der Belastung und der Polzahl, sie ist auf einen bestimmten Winkel beschränkt.

Die Synchronkupplung kuppelt nur bei stehenden Wellen oder im Synchronlauf ein.

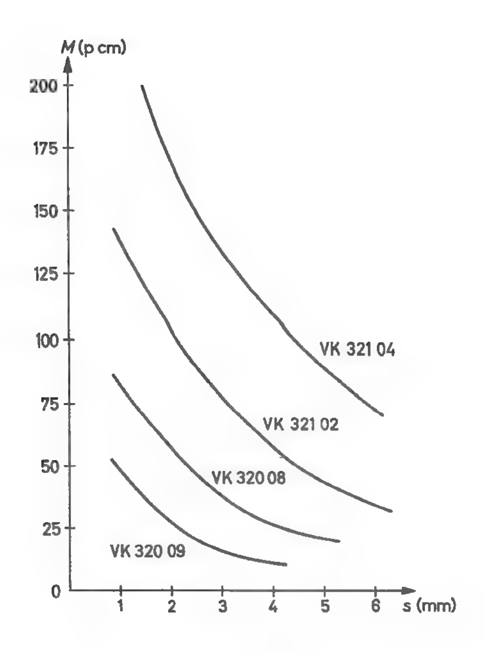


Bild 3



Bild 3 zeigt das maximal übertragbare Drehmoment M in Abhängigkeit vom Luftspalt s (s. Bild 1a) für vier verschiedene Vorzugstypen. Die Magnetringe sind 4-polig lateral an einer Stirnseite (s. Bild 1b) magnetisiert. – Die Werte sind als Richtwerte aufzufassen. – Bei den angegebenen Typen bringt die 2- oder 6-polige Magnetisierung bei gleichen Luftspalten geringere übertragbare Drehmomente. Nur wenn der Luftspalt s sehr klein ist, ist die 6-polige Magnetisierung günstiger.

Es muß beachtet werden, daß bei Einfügung eines Materials in den Luftspalt das maximal übertragbare Drehmoment dann geringer wird, wenn in diesem Material Wirbelströme bei Drehung der Kupplungshälften auftreten können. Man vermeide daher elektrisch gut leitende Werkstoffe.

Vorzugstypen für Stirnkupplungen aus FXD 100

Typ	D_1 mm	D_2 mm	H mm	Magnetisierung
VK 321 04	30,4 ± 0,6	10 ± 0,3	5 ± 0,3	4-polig lateral an einer Stirnseite
VK 320 08	18 ± 0,45	5 ± 0,2	5 ± 0,3	
VK 320 09	14 ± 0,4	5 ± 0,2	5 ± 0,3	

Magnetisierte Scheiben- bzw. Ringmagnete für Kupplungen mit größerem Drehmoment sind auf Anfrage nach technischer Klärung lieferbar.

Ein Lautsprechermagnetsystem mit einem Ringmagneten aus dem Werkstoff FERROXDURE ist schematisch in Bild 1 dargestellt.

Dieses System besteht aus einem FERROXDURE-Ringmagneten R, zwei Polplatten P und einem Kern K.

Für Lautsprechermagnetsysteme gilt DIN 45 578.

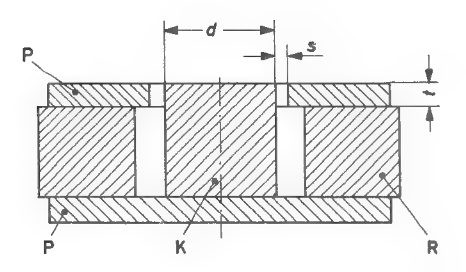


Bild 1

d Polkerndurchmesser
s Luftspaltweite
t Luftspalttiefe

Die Größen d, t und s (B_L = Luftspaltinduktion) werden zu einem Kurzzeichen zusammengezogen.

Beispiel: Magnetsystem 16/4/75 – 0,8
bedeutet d = 16 mm, t = 4 mm, B_L = 7500 G, s = 0,8 mm

Ein Maß für den magnetischen Leitwert des Luftspaltes eines Lautsprechersystems gibt die Größe

$$\Lambda'_L = \frac{\pi\, d\, t}{s}$$

Der magnetische Luftspaltfluß Φ_L ist außer von Λ'_L noch von den Abmessungen des Ringmagneten abhängig. Abb. 2 zeigt den experimentell ermittelten Zusammenhang zwischen Φ_L und Λ'_L für die verschiedenen FERROXDURE-Lautsprecherringe. Man kann der Darstellung entnehmen, daß z.B. das Lautsprechersystem 16/4–0,8 mit Λ'_L = 251 mm bei Verwendung eines Ferroxdure-Ringes mit 45 mm Druchmesser einen Luftspaltfluß von etwa $14 \cdot 10^{-5}$ Vs aufweist, d.h. die Luftspaltinduktion B_L beträgt ungefähr

$$\frac{\Phi_L}{F_L} = \frac{14 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{Vs}}{201\ \mathrm{mm}^2} \approx 7000 \cdot 10^{-8}\ \frac{\mathrm{Vs}}{\mathrm{cm}^2}$$

wobei $F_L = \pi\, d\, t$ die Luftspaltfläche ist.

Bei Verwendung von FERROXDURE-Ringen mit größerem Durchmesser ergeben sich entsprechend größere Luftspaltinduktionen.



In Bild 2 ist die magnetische Energie im Luftspalt, W_L, aufgetragen. Es besteht die Beziehung:

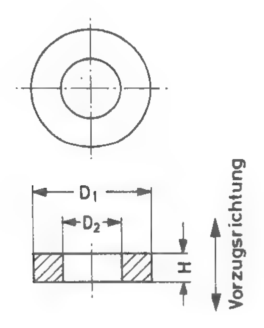
$$W_L = \frac{\Phi_L^{\,2}}{2\,\mu_o \Lambda'_L} = 0{,}399 \cdot 10^{12}\ \frac{\Phi_L^{\,2}/(\mathrm{Vs})^2}{\Lambda'_L/\mathrm{mm}}\ \mathrm{mWs}$$

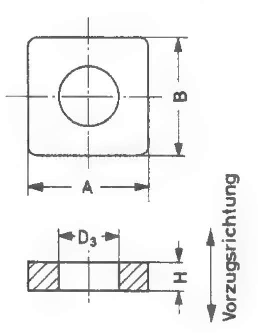
Bild 2 Magnetischer Fluß im Luftspalt von Lautsprechersystemen für verschiedene FERROXDURE-Ringmagnete.



Magnete für Lautsprechersysteme

aus FXD 300 R unmagnetisiert





Ring

Typ	D_1 mm	D_2 mm	H mm
K6 150 71	36 ± 0,8	18 ± 0,5	8 ± 0,1
K6 152 11	40 ± 0,9	22 ± 0,6	9 ± 0,1
K6 152 41	45 ± 1	22 ± 0,6	9 ± 0,1
K6 150 51	45 ± 1	22 ± 0,6	10,5 ± 0,1
K6 154 21	45 ± 1	24 ± 0,6	9 ± 0,1
K6 151 21	51 ± 1,2	24 ± 0,6	9 ± 0,1
K6 152 01	55 ± 1,2	24 ± 0,6	12 ± 0,1
K6 150 61	60 ± 1,5	24 ± 0,6	13 ± 0,1
K6 152 71	60 ± 1,5	30 ± 0,7	10 ± 0,1
K6 152 91	60 ± 1,5	30 ± 0,7	13 ± 0,1
K6 151 51	68 ± 1,5	32 ± 0,7	13 ± 0,1
K6 151 11	72 ± 1,5	32 ± 0,7	15 ± 0,1
K6 152 81	84 ± 2	32 ± 1	15 ± 0,1
K6 153 51	134 ± 4	57 ± 1,7	14 ± 0,2
K6 153 41	184 ± 5,5	73 ± 2,2	18,5 ± 0,2

Viereck

Typ	A mm	B mm	D_3 mm	H mm
K6 137 52	30,6 ± 0,8	30,6 ± 0,8	12,4 ± 0,4	5 ± 0,1
K6 176 51	32 ± 0,8	26 ± 0,6	15,5 ± 0,8	8 - 0,1
K6 137 61	max. 42	max. 42	15,5 + 0,8	8 ± 0,1





Stahllegierungs-Permanentmagnete

ALLGEMEINES s. die Seiten 347 ff.



VALVO-Stahllegierungsmagnete werden im Gießverfahren (Sandguß oder Spezialguß) hergestellt. Ihr Gefüge besteht bei höheren Temperaturen aus ferritischen Mischkristallen. Durch Abkühlen mit einer bestimmten Geschwindigkeit, in manchen Fällen gefolgt von einer Wärmebehandlung bei 500 bis 600 °C, erfolgt Entmischung. Auf diese Weise entsteht ein Gefüge, das die magnetische Härte erzeugt. Dieses Gefüge ist sehr stabil, so daß keine nennenswerten zeitlichen Änderungen der magnetischen Eigenschaften auftreten.

Diese Magnete finden Verwendung für:

Scheibenwischermotoren, Kleinmotoren, Generatoren
Haftmagnete, Türverschlüsse, Magnetische Filter
Meßgeräte, Tonabnehmer, Mikrofone und Lautsprecher

Die VALVO-Stahllegierungsmagnetwerkstoffe tragen die Bezeichnungen

RECO und TICONAL

Zu den einzelnen Typenbezeichnungen sind jeweils Zahlen gesetzt, die den Gütewert nach DIN 17 410 kennzeichnen. RECO-Werkstoffe sind preiswerte, isotrope Magnetlegierungen. Die einzelnen Sorten dieser Gruppen unterscheiden sich, entsprechend ihrem Kobalt- bzw. Titangehalt, durch ihre Gütewerte. RECO 170 ist auf hohe Koerzitivfeldstärke gezüchtet.

TICONAL-Legierungen sind anisotrope hochlegierte Stähle mit besonders hohen magnetischen Werten in der Vorzugsrichtung.

Die Werkstoffe

TICONAL 360   TICONAL 400   TICONAL 500

mit annähernd gleichen Legierungsbestandteilen haben recht hohe Gütewerte. Die Sorten 400 und besonders 500 erreichen infolge sorgfältiger Spezialbehandlung weitere Qualitätsverbesserungen.



TICONAL 450

ist durch hohe Kobalt- und Titanzusätze auf eine besonders hohe Koerzitivfeldstärke gezüchtet worden.

Die Vorzugsrichtung, die durch Abkühlung des Werkstoffes in einem Magnetfeld entsteht, läßt sich am besten axial ausbilden. Bei kompliziert geformten oder mehrpoligen Magneten ist das Herstellen einer Vorzugsrichtung u.U. sehr umständlich und kostspielig.

TICONAL 600, 650, 750

Durch gerichtete Abkühlung wird bei diesem Werkstoff eine Kristallorientierung und damit eine weitere Ausprägung der Vorzugsrichtung mit besonders ausgezeichneten magnetischen Eigenschaften erreicht.

Bei kristallorientierten Magneten ist es günstig, wenn die Abmessungen senkrecht zur Vorzugsrichtung größer sind als in der Vorzugsrichtung, weil sonst die Kristallorientierung gestört wird.

Zusammensetzung der RECO- und TICONAL-Legierungen (in %):

Werkstoff	Ni	Al	Co	Cu	Ti	Fe
RECO 100	24	14	-	-	-	Rest
RECO 120	26	13	4	3	1	Rest
RECO 140	24	10	5	7	0,8	Rest
RECO 160	18,5	10	13	7,5	1,9	Rest
RECO 170	24	9,5	10	6	5	Rest
RECO 220	15	7	26	5	7	Rest
TICONAL 190	21	12	14	3	-	Rest
TICONAL 360	15	8,5	24	3	1,5	Rest
TICONAL 400	14	8,5	24	3	0,8	Rest
TICONAL 500 TICONAL 600	14	8,5	24	3	-	Rest
TICONAL 450	14,5	7,5	34	4,5	5	Rest



Mechanische und elektrische Eigenschaften

Stahllegierungsmagnete sind sehr hart und verhältnismäßig spröde und sollten deswegen bei mechanischer Belastung möglichst nur Druckbeanspruchungen ausgesetzt werden. Sie können nur durch Schleifen bearbeitet werden. Die Rohtoleranzen, besonders bei Spezialguß, lassen sich jedoch meistens so eng halten, daß nur Flächen innerhalb des magnetischen Kreises der Bearbeitung bedürfen.

Die Befestigung der Stahllegierungsmagnete kann durch Anschrauben (parallel zu den Feldlinien nur nichtmagnetische Schrauben), Verkitten oder Weichlöten erfolgen. Hartlöten kann zu einer Verschlechterung der magnetischen Eigenschaften führen.

Der hohe Nickelgehalt der Legierungen bringt eine hohe Rost- und Säurebeständigkeit für die Magnete mit sich.

Spezifisches Gewicht	ca. 7 g/cm^3
Linearer Ausdehnungskoeffizient	$11...14 \cdot 10^{-6}$/grd
Spezifischer elektrischer Widerstand bei 20 °C	ca. $60 \cdot 10^{-6}$ Ωcm

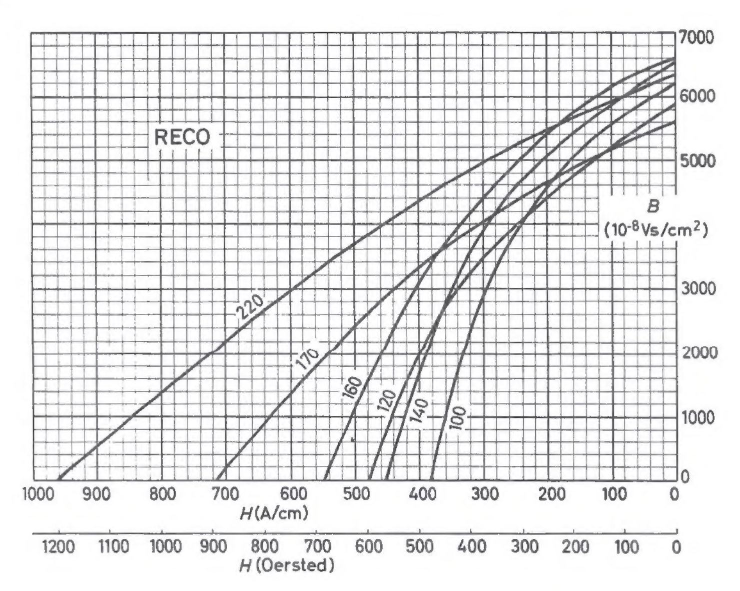
Magnetische Eigenschaften

Auf den folgenden Seiten sind die mittleren Entmagnetisierungskurven der verschiedenen RECO- und TICONAL-Sorten angegeben. Die Streuungen der magnetischen Werte liegen im allgemeinen so, daß ein Magnet mit relativ hoher Remanenz eine relativ niedrige Koerzitivfeldstärke und umgekehrt hat.



Entmagnetisierungskurven von TICONAL





Entmagnetisierungskurven von RECO

In der folgenden Tabelle ist der Streubereich für B_r und H_c angegeben. Für $(BH)_{max}$ sind die in der Fertigung erreichten Mittelwerte und in Klammern die garantierten Minimalwerte bei Raumtemperatur (20 °C) aufgeführt.

Weitere für alle Stahllegierungswerkstoffe gültigen magnetischen Werte sind:

Reversible Permeabilität	μ_{rev}	3...6
Sättigungsfeldstärke	H_{sat}	2400 A/cm (3000 Oe)
Temperaturkoeffizient der Remanenz	TK_{Br}	-0,01...-0,015 %/grd
Max. zul. Temperatur mit Rücksicht auf Strukturänderungen		450 °C



Stahllegierungs-Permanentmagnete

Eigenschaften



Werkstoff	Remanenz B_r 10^{-8} Vs/cm² (Gauß)	Koerzitivfeldstärke H_c		Gütezahl $(BH)_{max}$	
		A/cm	Oersted	mWs/cm³	10^6 Gauß · Oersted
RECO 100	5800...6500	365... 410	460... 510	9,6 (≧8)	1,2 (≧1,0)
RECO 120	5800...6500	400... 560	500... 700	10,4 (≧8,8)	1,3 (≧1,1)
RECO 140	6200...6800	420... 460	530... 580	11,2 (≧10,4)	1,4 (≧1,3)
RECO 160	6000...7000	480... 560	600... 700	13,2 (≧12)	1,65 (≧1,5)
RECO 170	5200...5800	660... 740	830... 930	13,2 (≧12)	1,65 (≧1,5)
RECO 220	5600...6800	875...1035	1100...1300	18,4 (≧16)	2,3 (≧2,0)
TICONAL 190	7400...8600	520... 640	650... 800	16,8 (≧14,4)	2,1 (≧1,8)
TICONAL 360	10500...11000	540... 590	680... 740	28,8 (≧25,6)	3,6 (≧3,2)
TICONAL 400	11200...12000	485... 535	610... 670	32 (≧30,4)	4,0 (≧3,8)
TICONAL 450	8000...9000	955...1120	1200...1400	34 (≧32)	4,25 (≧4,0)
TICONAL 500	12300...13000	480... 510	600... 640	38,4 (≧36)	4,8 (≧4,5)
+TICONAL 600	13000...13400	500... 535	630... 670	46,4 (≧44)	5,8 (≧5,5)
+TICONAL 650	12800...13400	510... 555	640... 700	54,5 (≧52)	6,8 (≧6,5)
+TICONAL 750	13200...14200	575... 605	720... 760	60,0 (≧56)	7,5 (≧7)

+) Diese Werte gelten nur für Magnete, deren Abmessungen für die Ausbildung der Kristallorientierung günstig sind, z.B. für $l/D \approx 1$ (l = Länge, D = Durchmesser des Magneten) bei $D \geqq 20$ mm. Die magnetische Vorzugsrichtung fällt mit der Längsrichtung zusammen.


VALVO